

**RÓŻOWA SÓL KAMIENNA
DO PRODUKCJI GALANTERYJNYCH WYROBÓW SOLNYCH
– GEOLOGICZNE WARUNKI WYSTĘPOWANIA,
WŁASNOŚCI I METODY POZYSKIWANIA
W KOPALNI SOLI „KŁODAWA”**

**Pink rock salt for production of salt fancy goods
– its occurrence, characteristics and exploitation methods
in “Kłodawa” Salt Mine**

**Grzegorz CZAPOWSKI¹, Grzegorz MISIEK²,
Katarzyna POBORSKA-MŁYNARSKA³ & Hanna TOMASSI-MORAWIEC¹**

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

²*Kopalnia Soli „Kłodawa”, al. 1000-lecia 2, 62-650 Kłodawa*

³*Akademia Górniczo-Hutnicza, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków;
e-mail: kpm@agh.edu.pl*

Treść: Barwna sól kamienna, szczególnie o zabarwieniu różowym, pomarańczowym i czerwonym, staje się coraz bardziej poszukiwanym surowcem do wytwarzania ozdobnych przedmiotów, takich jak lampy solne, rzeźby itp. Barwne sole kamienne występują w wielu złożach Europy i świata, o czym świadczy zamieszczony w artykule przegląd światowych złóż soli kamiennej. Sól barwna w Polsce jest obecnie eksploatowana w jedynym złożu – w kłodawskim wysadzie solnym, w Kopalni Soli „Kłodawa”, głównie jako surowiec dla przemysłu spożywczego, chemicznego i jako sól drogowa. W ostatnich latach kopalnia podjęła uboczną produkcję soli różowej przeznaczonej do wytwarzania tzw. galanterii solnej. Podjęte zostały wstępne badania mające na celu udokumentowanie geologicznej pozycji w złożu „galanterijnych” odmian soli różowej. Prezentowana praca zawiera charakterystykę właściwości i geologicznych warunków występowania oraz klasyfikację i sposoby pozyskiwania soli różowej dla celów produkcji galanterijnej ze złoża kłodawskiego.

Słowa kluczowe: sól różowa, perm (cechsztyn), galanteria solna, Polska

Abstract: Colored rock salt types, especially pink, orange and red ones, become a more demand material for production of fancy salt goods such as salt lamps, chandelier, sculptures etc. Colored rock salts occur in many salt formations and deposits in Europe and in the world as it was illustrated by a short review of selected rock salt deposits. In Poland the discussed colored rock salts are exploited only in one salt deposit, located in the Kłodawa salt diapir (by the “Kłodawa” Salt Mine), mainly for alimentary and chemical industry and for road treatment. Last years the mine has excavated a small amount of pink salt for production of mentioned above salt fancy goods and the increased demand for this raw material initiated studies on characteristics and geological position of pink salt within the salt deposit, enabling future prediction and calculation of its resources. Preliminary characteristics of features and the geological situation as well as a classification and exploitation methods of pink rock salt were presented in the paper.

Key words: pink salt, Permian (Zechstein), salt fancy goods, Poland

WSTĘP

Jedną z barwnych odmian soli kamiennej z obszaru Polski jest różowa sól kamienna, wydobywana obecnie na terenie kraju jedynie w Kopalni Soli „Kłodawa” w kłodawskim wysadzie solnym. Eksploatowana głównie jako sól dla przemysłu spożywczego, chemicznego i jako sól drogową, tj. sól służącą do zwalczania gołoledzi na drogach, staje się ostatnio coraz bardziej poszukiwanym surowcem do produkcji tzw. wyrobów galanteryjnych (lampki, świeczniki, figurki, popielniczki itp.). W artykule dokonano przeglądu złóż solnych na świecie pod kątem występowania w nich soli barwnych oraz przedstawiono – na podstawie dotychczasowego rozpoznania – geologiczne warunki występowania, rodzaje i własności tzw. „galanteryjnej” różowej soli kamiennej w złożu kłodawskim, a także sposoby jej pozyskiwania w postaci pożądaną przez nabywców.

WYSTĘPOWANIE SOLI RÓŻOWEJ W SOLNYCH FORMACJACH GEOLOGICZNYCH

Zabarwienie soli kamiennej w kolorach „ciepłych”, tzn.: żółtych, pomarańczowych, różowych, czerwonych, nie jest rzadkością w złożach solnych. Najczęściej są to sole białe przyjmujące odcienie barwne lub zabarwione nieznacznie, blado i występujące obok soli kamiennej białej, szarobiałej, szarej. Zabarwienie intensywne spotyka się znacznie rzadziej – zwykle ograniczone jest do pojedynczych warstw lub skupień soli. Jednakże w wielu złożach sól kamienna jest całkowicie pozbawiona tych kolorów i cechują ją jedynie barwy białe, szarobiałe, szare oraz różne odcienie szarości.

Geologiczne opisy złóż solnych rzadko zawierają szczegółową charakterystykę zabarwienia soli kamiennej. Spowodowane jest to faktem, że przy kwalifikacji złóż pod kątem ich wartości przemysłowej barwa soli nie odgrywa istotnego znaczenia, dopóki nie ma bezpośredniego związku z pogorszeniem jakości soli, wynikającym z ilości zawartych w niej substancji zanieczyszczających. Czasami jednak można napotkać w literaturze przedmiotu dokładne opisy barw soli (Sonnenfeld 1995), zwykle w przypadku złóż dobrze rozpoznanych, w których szczegółowe opisy petrograficzne – także pod względem zabarwienia soli – mają znaczenie dla podejmowanych rozstrzygnięć stratygraficznych i tektonicznych.

Sole kamienne barwne: pomarańczowe, różowe i czerwone, występują w złożach solnych różnego wieku na całym świecie, zarówno w złożach soli kamiennej, jak i soli potasowych. Wybrane przykłady złóż solnych, w których występują barwne sole kamienne, omówiono poniżej.

Złoża solne późnego permu (cechsztynu) w Polsce

Niektóre złoża soli kamiennej cechsztyńskiej formacji solonośnej w Polsce zawierają sole barwne: różowe i pomarańczowe o różnej intensywności zabarwienia. Sole te występują zazwyczaj w osadach młodszych cyklotemów cechsztynu (cyklotemy PZ3 i PZ4). Typowe barwne sole kamienne w utworach najmłodszego cyklotemu PZ4 mają zabarwienie pochodzące od rozproszonego w nich hematytu lub/i ilu z hematytem i pozbawione są niekorzystnych domieszek minerałów potasu i magnezu (niektóre z tych minerałów są higros-

kopijne). Barwne sole mogą też występować w obrębie cyklotemów starszych, np. PZ2, z tym że towarzyszą tu zazwyczaj poziomom soli potasowo-magnezowych (sylwinitowo-karnalitowo-polihalitowych) i swoje zabarwienie zawdzięczają najczęściej niewielkim i rozproszonym domieszkom tych właśnie minerałów. Warstwy takich soli przewiercono w szeregu otworów wiertniczych na obszarze Polski (w obrębie tzw. cechsztyńskiego basenu salinarnego – np. Wagner 1994, Czapowski 1994, 1995a, 1995b, Ślizowski & Saługa 1996) na głębokościach od 1200 m (np. obszar przedsudecki) do 2000–3200 m (np. Pomorze Zachodnie) i głębiej na obszarze Polski środkowej.

Stosunkowo najpłycej sole różowe występują w obrębie niektórych wysadów solnych Polski środkowej, zwykle w ilości podrzędnej w stosunku do soli białych i szarobiałych. Sole te zostały górniczo udostępnione w wysadzie solnym Kłodawy do głębokości 750 m (Kopalnia Soli „Kłodawa” – Fig. 1) i Inowrocławia (obecnie już zlikwidowana kopalnia „Solno”).

Złoża solne Europy Zachodniej

Kolorowe sole znane są z profilu cechsztynu Niemiec, w kompleksie tzw. soli młodszych i najmłodszych (odpowiednio cyklotemy PZ3 i PZ4). Występują one w wielu złożach, w postaci warstw solnych o pierwotnej grubości liczącej zazwyczaj od kilkunastu do kilkudziesięciu (poniżej 50) metrów i o zróżnicowanym, niejednorodnym nasileniu barwy. W kopalniach soli okręgu Magdeburg-Halberstadt znane są dwa poziomy barwnej soli kamiennej: poziom soli pomarańczowej cyklotemu PZ3, podścielający pokład soli potasowej Ronnenberg, oraz poziom soli różowej w obrębie kompleksu soli kamiennych cyklotemu PZ4 (np. Konstantynowicz 1989). Pod względem genezy i wieku wymienione sole odpowiadają kolorowym solom występującym w złożach solnych na Niżu Polskim – także w złożu kłodawskim.

Na terenie Austrii, w obrębie późnopermskich-wczesnotriasowych serii ewaporatowych, tektonicznie zaklinowanych wśród alpejskich struktur obszaru Styrii, sole różowe występowały lokalnie wraz z eksploatowanymi w tym rejonie solami kamiennymi i potasowymi (polihalitowymi) o zmiennym zabarwieniu – od szarego do zielonawego (kopalnie: Lauffener, Erbstollen, Ischler Salzberg, Salzberg Hallstatt i Ausseer Salzberg). Wspomniana sól zawdzięczała swą różową lub czerwoną barwę rozproszonemu w niej polihalitowi (np. Kirchner *et al.* 1978).

Złoża soli kamiennej wraz ze złożami soli potasowych wieku późnoeoceneskiego występują na obszarze tzw. południowopirenejskiego basenu potasowego w dwóch subbasenach: Nawarry i Katalonii (np. Rosell Ortiz & Orti Cabo 1982). W basenie Nawarry eksploatowane są one w kopalniach Potasas de Navarra S. A., na SW od Pamplony. Sole kamienne towarzyszące dolnemu (sylwinitowemu) pokładowi soli potasowej przybierają niekiedy barwy żółtawe, pomarańczowe i czerwone, dzięki obecności rozproszonego polihalitu i ilitu z hematytem bądź hematytu.

Złoża solne na Białorusi

Na obszarze zapadliska prypeckiego na Białorusi występują jedne z najbogatszych na świecie pokładowych złóż soli potasowych wieku późnodewońskiego, eksploatowane

w kilku podziemnych kopalniach w rejonie Soligorska (np. Wysockij *et al.* 2003). Sole kamienne tworzące przewarstwienia pomiędzy i w obrębie poziomów soli sylwinitowej mają często różowawe zabarwienie dzięki obecności rozproszonego sylwinu. W tym samym zapadlisku, w rejonie Mazyru, na głębokości 1500–2600 m, występuje wczesnopermska seria solonośna (tzw. Svaboda Suite) grubości do 160 m, w której obrębie sole kamienne towarzyszące warstwom sylwinitowo-karnalitowych soli potasowych wykazują często czerwone i różowe zabarwienie, związane z obecnością rozproszonych solnych minerałów potasowych (np. Vysotskiy *et al.* in press).

Złoża solne w Rosji

Na terenie dorzecza górnej Kamy zalegają bogate złoża skał karnalitonowych i sylwinitonowych. Współwystępują z nimi sole kamienne, które w warstwie stropowej, przykrywającej strefę karnalitonową przyjmują barwy różowe, żółtawe (dzięki obecności rozproszonego karnalitu), ale także szare lub są bezbarwne (Konstantynowicz 1989). Utwory te eksploatuje się w kilku kopalniach podziemnych w rejonie Solikamska.

Złoża solne Ukrainy

Wczesnopermskie pokładowe złożo soli kamiennej w Artemowsku na Ukrainie leży na obszarze zapadliska dniewprowsko-donieckiego. Pośród poziomo zalegających pokładów soli kamiennej znajdują się warstwy soli w odcieniach różowawych. Z kolei na obszarze ukraińskiej części zapadliska przedkarpacciego występują neogeńskie fałdowe złoża soli kamiennej i potasowej (główne minerały potasonośne to kainit, langbajnit, podrzędnie karnalit, sylwin i polihalit – np. Griniw 1994, Koryń 1994), eksploatowane między innymi w kopalniach podziemnych w Stebniku i Kałuszu. Spotykane tu różowe i czerwone zabarwienie soli kamiennej jest spowodowane domieszkami rozproszonego kainitu, karnalitu i polihalitu.

Złoża solne Azji

Złoża soli potasowych wieku prawdopodobnie kambryjskiego występują w basenie irańsko-pakistańskim w zachodnim Pakistanie, na terenie pasma górskiego Salt Range. Zalegająca tu na głębokości ok. 600 m seria solna składa się z margli solonośnych, margli gipsonośnych, soli kamiennej, gipsu, dolomitu oraz z pokładów soli potasowo-magnezowych (sylwinit, kainit, langbajnit). W kopalni soli w Khewra („Khewra” Salt Mine), zlokalizowanej w obrębie nieregularnego wysadu, występuje siedem pokładów soli kamiennej o łącznej grubości 150 m. Sól kamienna ma wysoki stopień czystości, jest różnobarwna: przezroczysta, biała, różowa, czerwona, a nawet w kolorze krwistym. Na rynku sól różowa z tego obszaru sprzedawana jest pod nazwą Himalaian Fine Pink Salt.

Kolorowe sole wieku triasowego znane są z przebiegających się do powierzchni diapirów solnych w rejonie Zatoki Perskiej w Iranie, np. Qum Kuh-Dashti, Gachin czy Pohl w górach Zagros. Występujące w stropie tych struktur sole kamienne przybierają zabarwienie czerwone, różowe, szare i czarne. Towarzyszą im często sole potasowe typu karnalitowego (np. struktura Pohl).

Złóża solne Kanady

Złóża solne Kanady uważane są za największe złóża świata. Znane są tu trzy formacje solonośne zajmujące tereny: Kanady zachodniej, prowincji Ontario i prowincji atlantyckiej.

Największa środkowodewońska grupa Elk Point, zawierająca też największą ilość złóż solnych w basenie sedymentacyjnym zachodniej Kanady, rozprzestrzenia się od północnych stanów USA do północno-zachodniego terytorium Kanady. W jej obrębie występują najliczniejsze złóża soli środkowego dewonu formacji Prairie Evaporite. Sól kamienna i sole potasowe wydobywane są w wielu kopalniach podziemnych i ługowniczych w stanach: Alberta, Saskatchewan, Ontario, Quebec, New Brunswick, Nova Scotia. W niektórych z tych złóż występują barwne kompleksy soli kamiennych.

Złóża solne z obszaru USA

Karbońskie utwory solne formacji Hermosa z obszaru stanu Utah zawierają 18 pokładów soli potasowych typu sylwinitowo-karnalitowego, przewartwionych solami kamiennymi, węglanami i siarczanami. Grubość serii ewaporatowej może sięgać 1800 m, zaś poszczególne pokłady soli – do 240 m (Konstantynowicz 1989). Niektóre partie soli kamiennych cechuje różowe (domieszka karnalitu) i szare zabarwienie. Utwory solne są eksploatowane np. w otworowej kopalni Cane Creek nad rzeką Colorado.

Podobne, różowe zabarwienie soli kamiennych, związane z obecnością rozproszonego sylwinitu i karnalitu, spotyka się często w złóżach solnych późnego permu, występujących w stanach Nowy Meksyk i Teksas na głębokości sięgającej ponad 700 m. Sole kamienne barwne występują tu w kompleksach przyległych poziomom potasonośnym. Utwory te są eksploatowane w rejonie Carlsbad na głębokości ok. 300 m (Konstantynowicz 1989).

Współcześnie barwne sole typu halitowego tworzą się w śródlądowych jeziorach solnych (np. jeziora solne w Andach w stanie Mara w Peru, jezioro Tyrrell w stanie Wiktoria w Australii czy Owens Lake w stanie Newada, USA) bądź w nadmorskich panwiach solnych (np. jezioro w SE części wyspy Bonaire na Karaibach czy też laguny Morza Czarne-go). Swoje zabarwienie zawdzięczają tu głównie obecności halofilnych bakterii (rodzaj Halobacterium), których rozwój przyspiesza strącanie chlorków przez biogeniczny wzrost temperatury solanki.

Powyższy przegląd dowodzi, że zabarwienie różowe, czerwone i pomarańczowe soli kamiennej jest dość częste w złóżach solnych i – jak się wydaje – najczęściej spowodowane jest obecnością rozproszonych minerałów potasowych, zazwyczaj mało odpornych na wietrzenie. Stąd też sole barwne z domieszkami soli potasowo-magnezowych, w porównaniu z solami, których barwa pochodzi od domieszek innych substancji, są pod względem jakości mniej wartościowym surowcem do produkcji wyrobów galanteryjnych.

Jedynym miejscem w Polsce, gdzie obecnie wydobywa się różową sól kamienną, pozbawioną domieszek minerałów potasu i magnezu, jest Kopalnia Soli „Kłodawa” (Fig. 1).



Fig. 1. Lokalizacja Kopalni Soli „Kłodawa”: 1 – obecny zasięg występowania utworów solnych cyklu PZ4 cechsztynu (wg Wagnera 1994, uproszczony)

Fig. 1. Location of the “Kłodawa” Salt Mine: 1– recent extent of salts of the Zechstein PZ4 cycle (after Wagner 1994, simplified).

GEOLOGICZNE WARUNKI WYSTĘPOWANIA SOLI RÓŻOWEJ W KOPALNI „KŁODAWA”

Pozycja stratygraficzna soli różowej w złożu kłodawskim

Podział litostratygraficzny cechsztyńskiej serii solnej w Kłodawie został po raz pierwszy zaprezentowany przez Poborskiego (1960). Sól różowa została tam zdefiniowana jako poziom różowej soli jadalnej w obrębie dolnego oddziału soli najmłodszych, występujący nad anhydrytem pegmatytowym w piętrze PZ4 cechsztynu. Podobnie opisali ją Werner *et al.* (1960) oraz Hanczke (1969), określając tym pojęciem zespół soli gruboziarnistej, białej z odcieniem różowym i różowej w wyższej partii, o miąższości kilkudziesięciu metrów. W spągu omawianego zespołu występuje w dość znacznej ilości anhydryt, skoncentrowany w smugach barwy jasnoszarej o grubości do 3.0 cm. Smugi pojawiają się początkowo co kilkanaście centymetrów, potem coraz rzadziej. Partia środkowa soli kamiennej jest bardzo czysta i bezpośrednio po przeróbce mechanicznej nadaje się do spożycia (różowa sól jadalna). W stropie ławicy pojawiają się zanieczyszczenia czerwono-brunatnym iłem, którego udział stopniowo wzrasta ku górze i sól przechodzi w utwory oddziału górnego, na które składają się zuber czerwony i iłowiec.

Sól różowa jest odpowiednikiem najmłodszej soli kamiennej (Na4), ogniwa zalegającego pomiędzy anhydrytem pegmatytowym (A4a) a zubrem hematytowym – czerwonym (Na4t). Pokład soli różowej osiąga miąższość około 70 m. Jest to sól kamienna czysta, bladoróżowa i pomarańczowa; różowa barwa przybiera czasem odcień łososiowy lub cielisty. Sól jest średnio- i grubokrystaliczna, a wielkość ziaren wynosi od 5 do 10 mm (Hanczke 1969). W stropowej partii występuje w niej dwumetrowy przerost soli ilastej, a w części środkowej kilkumetrowa warstwa soli z przerostami anhydrytowymi. Ławice soli różowej są drugorzędnie sfałdowane i porożcinane w wyniku ruchów tektonicznych tworzącego się wysadu.

Prowadzone w ostatnich latach w kopalni „Kłodawa” prace nad aktualizacją stanu rozpoznania budowy geologicznej wysadu kłodawskiego i stratygrafii tworzących go utworów permskich przyniosły nowy obraz podziału najmłodszego cyklu ewaporatowego PZ4, w którego obrębie występuje omawiana sól różowa (Tab. 1 na wklejce). Grubość utworów cyklu PZ4 szacowana jest na 345 m (Charysz 1971, 1973). Wyróżniono w nim podpiętro dolne i podpiętro górne (Charysz 1971, 1973, Chandij 1976).

Omówione poniżej wydzielenia litologiczne i litostratygraficzne są widoczne w szczegółowym profilu geologicznym przekopu SW I (12) na poziomie 600 m (Fig. 2), gdzie obserwuje się dość kompletne następstwo większej części utworów cyklu PZ4.

W podpiętrze dolnym dokonano następujących wydzieleni litostratygraficznych (Tab. 1):

- 1) Warstwa **soli podścielającej (Na4a0)**, miąższości 0.5–4 m, jest wykształcona jako sól kamienna średnio- i gruboziarnista, białoszara, pomarańczowa, ze smugami anhydrytu (grubości od kilku milimetrów do 3 cm) w odstępach 20–30 cm, często zaburzona tektonicznie, w spągu zawiera parocentymetrowe okruchy ilu i zubru.
 - 2) Warstwa **anhydrytu pegmatytowego (A4a1)**, grubości 0.5–1.5 m, jest zwykle zbudowana, w formie bloków i soczew tkwiących w obrębie soli podścielającej. Anhydryt ma barwę szarą, w dolnej części występują w nim zaburzone tektonicznie ciemne laminy ilu, wyżej natomiast wrostki białoszarego i brunatnego halitu.
- Obydwa te wydzielenia, wraz z ogniwnem zubru brunatnego (Na3t), zwanym też ogniwnem Tucza (Wagner 1994), tworzą podłoże serii z solą różową.
- 3) Utwory **najmłodszej soli kamiennej (Na4)**, miąższości około 70 m lub 45–65 m (Werner 1972), tworzące tzw. pokład B, są reprezentowane przez (Charysz 1973, Chandij 1976):

- I – sól uwarstwioną anhydrytem grubo- i średnioziarnistą, bladopomarańczową, różową, występującą w spągu profilu;
- II – sól leżącą wyżej, o podobnych cechach strukturalnych, o białoróżowej barwie;
- III – przejściową serię soli anhydrytyczno-ilastej.

Wymienione dwa pierwsze rodzaje soli (I i II) odpowiadają zapewne – ze względu na kolejność sukcesji ogniwi i niewątpliwie morską genezę, potwierdzoną wysoką zawartością bromu (Czapowski 1995b) – połączonym ogniwom najmłodszej soli kamiennej dolnej i górnej (Na4a1-2) w schemacie litostratygraficznym Wagnera (1994).

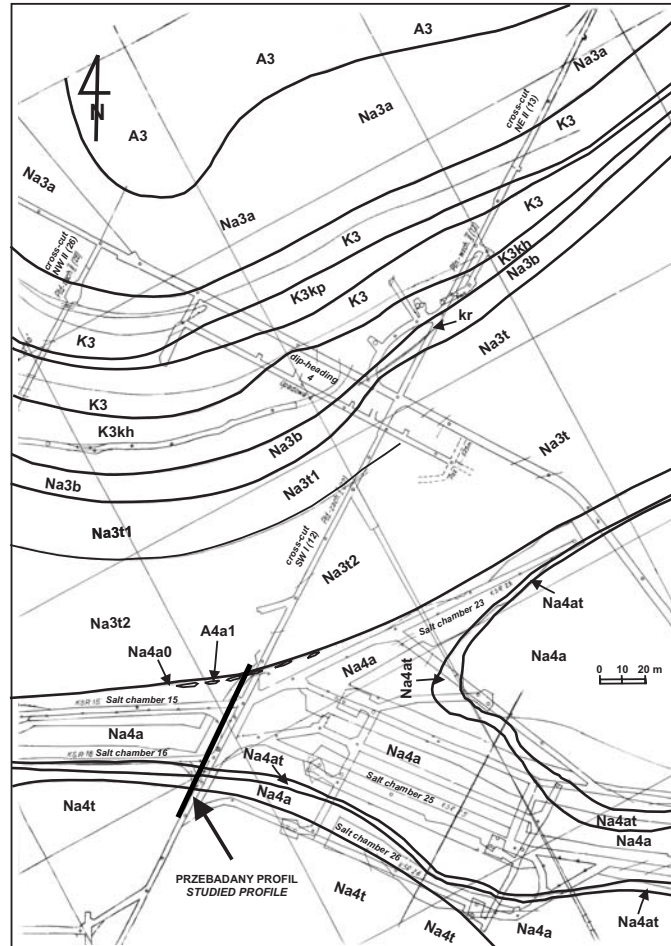


Fig. 2. Lokalizacja przebadanego profilu z solą różową na poziomie 600 m w Kopalni Soli „Kłodawa” – jednostki litostratygraficzne i wydzielania górnicze (wg Wagnera 1994, zmodyfikowane przez Czapowskiego): A3 – anhydryt główny, Na3a – młodsza sól kamienna dolna, K3 – młodsza sól potasowa, K3kp – pokład przemysłowy karnalitowca kizerytowego, K3kh – warstwa karnalitowca halitowego, Na3b – młodsza sól kamienna górna, Na3t – zuber brunatny, Na3t1 – zuber brunatny warstwowany, Na3t2 – zuber brunatny bezteksturalny, Na4a0 – sól podścielająca, A4a1 – anhydryt pegmatytowy dolny, Na4a – najmłodsza sól kamienna dolna, Na4at – najmłodsza sól kamienna ilasta, Na4t – zuber czerwony, kr – warstwa karnalitu, i – warstwa ilowca

Fig. 2. Location of studied profile with pink rock salt in the level 600 m in the “Kłodawa” Salt Mine – lithostratigraphic units and mining divisions (after Wagner 1994, modified by Czapowski): A3 – Main Anhydrite, Na3a – Lower Younger Halite, K3 – Younger Potash, K3kp – economic seam of kieseritic carnallite, K3kh – bed of halitic carnallite, Na3b – Upper Younger Halite, Na3t – Brownish Zuber (Brownish Salt Breccia), Na3t1 – stratified Brownish Zuber (Brownish Salt Breccia), Na3t2 – structureless Brownish Zuber (Brownish Salt Breccia), Na4a0 – Underlying Halite, A4a1 – Lower Pegmatite Anhydrite, Na4a – Lower Youngest Halite, Na4at – Clayey Youngest Halite, Na4t – Red Zuber (Red Salt Breccia), kr – carnallite layer, i – claystone layer

Dzięki lepszemu rozpoznaniu wykształcenia wymienionych utworów w toku prowadzonych prac górniczych, można obecnie wyróżnić w obrębie zespołu dwóch pierwszych warstw soli kamiennych trzy wyraźne wydzielenia litologiczne, o randze subogniwi i ogniwi (Tab. 1):

- 1) Subogniwo najmłodszej soli kamiennych warstwowej (Na4w), grubości 15–50 m, obejmujące dolną część kompleksu solnego, o wyraźnej rytmicy warstwowania laminami anhydrytowo-ilastymi (Fig. 3). W obrębie tego ogniwa można wydzielić – ze względu na walory użytkowe soli różowej – dwie strefy:
 - typową sól laminowaną (grubość 10–30 m), tworzącą w kopalni „Kłodawa” tzw. I pas eksploatacyjny soli różowej; sól ta może też stanowić odpowiednik ogniwa najmłodszej soli kamiennych dolnej (Na4a1) wg schematu litostratgraficznego Wagnera (1994);
 - strefę tzw. soli ze „skórami anhydrytu” (grubość 5–20 m), reprezentującą silnie zdeformowaną tektonicznie sól laminowaną bądź też stanowiącą odpowiednik – ze względu na wysoki udział anhydrytu – ogniwa anhydrytu pegmatytowego górnego (A4a2 – *op. cit.*).
- 2) Subogniwo „typowej” soli różowej (Na4ro), bezteksturalnej (grubość 10–55 m), tworzące w kopalni „Kłodawa” tzw. II pas eksploatacyjny soli różowej. W obrębie tego subogniwa występują liniowe i nieregularne strefy soli białej, grubości kilku – kilkunastu centymetrów (Fig. 4), w masie dość jednorodnej soli różowej, będące być może zapisem dawnych stref przemieszczeń tektonicznych, w których intensywna przebudowa soli usunęła niemal cały pigment. Subogniwo to może też być rozważane jako odpowiednik ogniwa najmłodszej soli kamiennych górnej (Na4a2 wg Wagnera 1994).
- 3) Subogniwo lub ogniwo czerwonego ilitu śródsolnego (T4s), grubości 0,5–10 m, zbudowane z czerwonego ilitowca solnego z warstwami soli kamiennych, przedzielającego kompleks najmłodszej soli kamiennych na dwie części. Iłowiec ten może być także przypisywany ogniwu czerwonego ilitu solnego górnego (T4b wg Wagnera 1994) i wówczas stanowiłby wyraźny wyznacznik spągu młodszego subcyklotemu (PZ4b).

Wspomniana przejściowa seria soli anhydrytyczno-ilastej (III), grubości 6–30 m, może być uznana za:

- odpowiednik ogniwa najmłodszej soli kamiennych ilastej (Na4at), wieńczącej utwory subcyklu PZ4a w schemacie Wagnera (1994);
- odpowiednik najmłodszej soli kamiennych stropowej (Na4b), kończącej subcyklotem PZ4b. Seria ta jest opisywana jako pokład A i tworzy w kopalni „Kłodawa” tzw. III pas eksploatacyjny soli różowej.

Powyżej wymienionych jednostek spoczywają w profilu cyklotemu PZ4 utwory tzw. podpiętra górnego cyklu PZ4 (Charysz 1971, Chandij 1976), obejmującego dwa ogniwa litostratgraficzne (Tab. 1):

- 1) **zuber czerwony/ hematytowy (Na4t)** o miąższości przekraczającej 120–160 m (Werner 1972), określane też mianem formacji z Piławy (Wagner 1994);
- 2) tzw. **ilty górne (PZt)**, odpowiadające ogniwu stropowej serii terygenicznej (PZt) R. Wagnera (1994), o trudnej do oceny miąższości (zapewne do 100 m) ze względu na brak pełnego profilu, zaleganie tuż pod utworami czapy ilitowo-gipsowej i powtórzenia tektoniczne.



Fig. 3. Sól jasnoróżowa (beżowa do szarej) ze słabo zaznaczoną laminacją anhydrytem (szare smugi). I pas eksploatacyjny, przekop SW I(12) przy komorze KSR-25, poziom 600 m. Długość pióra – 13 cm

Fig. 3. Light pink (beige to grey) rock salt with fine anhydrite lamination (grey strings). Ist exploitation belt, corridor SW I(12) at chamber KSR-25, level 600 m. Pen (length – 13 cm) for scale



Fig. 4. Liniowa strefa występowania soli białej wśród soli różowej. Wyższa część I pasa eksploatacyjnego. Lokalizacja jak na figurze 3

Fig. 4. Linear zone of white salt within pink rock salt. Upper part of Ist exploitation zone. Location as on Figure 3

Omówiona sukcesja osadów najmłodszego cechsztynu wskazuje na ustaloną pozycję geometryczną i wiekową soli różowej o walorach przydatnych do produkcji galanterii solnej (tzw. galanteryjna sól różowa) – lokuje się ona w obrębie ponadstumetrowego kompleksu soli kamiennych należących do jednostki najmłodszego soli kamiennej w obrębie cyklotemu PZ4, ograniczonego czytelnymi i podlegającymi korelacji kompleksami zubrowymi.

Odmiany makroskopowe „galanteryjnej” soli różowej i ich występowanie w piętrze najmłodszej soli kamiennej

Kryteriami kwalifikującymi sól różową jako surowiec do produkcji wyrobów galanteryjnych są przede wszystkim:

- zabarwienie soli,
- niektóre cechy strukturalne, takie jak wielkość kryształów halitu,
- rodzaj, ilość i sposób występowania domieszek w soli kamiennej.

Różową sól kamienną stanowi halityt różno- i równoziarnisty, w którym halitowi towarzyszą domieszki substancji ilastej i anhydrytu. Swoje zabarwienie sól zawdzięcza obecności rozproszonych blaszek hematytu, zaś stopień koncentracji pigmentu hematytowego jest zmienny, stąd też obserwuje się cały szereg tonacji barwy skały – od beżowej, blad różowej, pomarańczowej do intensywnie czerwonej. Najbardziej poszukiwane są sole o wyrazistym, intensywnym zabarwieniu.

Odmiany grubo- i średnioziarniste soli różowej są pożądane ze względu na walory estetyczne. Ze względu na własności mechaniczne ujawniające się podczas obróbki soli, korzystne są jej odmiany równoziarniste o niewielkim stopniu spękania ziaren halitu.

Domieszkami w soli różowej są: anhydryt i materiał ilasty, występujące w skale w postaci rozproszonej lub jako warstewki, smugi, przemazy itp. Obecność domieszek jest zazwyczaj niekorzystna – powodują one ograniczenie przejrzystości (zmętnienie soli) oraz utrudniają obróbkę mechaniczną.

Biorąc pod uwagę powyższe kryteria, można wyróżnić kilka makroskopowych odmian soli różowej „galanteryjnej”:

- Sól różowa galanteryjna kategorii I, charakteryzująca się najkorzystniejszymi cechami dla produkcji wyrobów galanteryjnych, reprezentowana jest przez sól bezteksturalną, przezroczystą i półprzezroczystą, w miarę równoziarnistą (Fig. 5), pozbawioną niepożądanych domieszek. Sól tę może cechować zmienne zabarwienie o różnej intensywności, zależne od ilości i sposobu rozmieszczenia pigmentu hematytowego (może on być rozmieszczony równomiernie bądź skoncentrowany w smugach). Ze względu na korzystne cechy strukturalne i teksturalne sól łatwo podlega obróbce mechanicznej.
- Sól różowa galanteryjna kategorii II to sól zwykle o strukturze kierunkowej, podkreślonej występowaniem niepożądanych domieszek litologicznych w postaci lamin anhydrytowo-ilastych (Fig. 6), półprzezroczysta i nieprzezroczysta, zazwyczaj różnoziarnista. Sól tę może cechować zmienne zabarwienie, zależnie od ilości pigmentu i domieszek litologicznych.
- Sól różowa galanteryjna kategorii III to sól zarówno różno-, jak i równoziarnista, zawierająca domieszki litologiczne lub ich pozbawiona, o zmiennym zabarwieniu i przezroczystości. Sól zaliczana do tej kategorii charakteryzuje się silnym spękaniem kryształów halitu i często ich liniowym wydłużeniem, co jest skutkiem jej silnego zaangażowania tektonicznego w złożu; sól taka jest krucha, toteż jej obróbka (rzeźbienie, cięcie) jest utrudniona i wymaga wyjątkowej precyzji.



Fig. 5. Jednorodnie zabarwiona ciemnoróżowa sól kamienna średnioziarnista (kategoria I).
Długość pióra – 13 cm

Fig. 5. Dark-pink medium grained rock salt (category I). Pen (length – 13 cm) for scale



Fig. 6. Sól kamienna średnioziarnista różowa z laminami anhydrytowo-ilastymi (szare smugi)
(kategoria II). Długość pióra – 13 cm

Fig. 6. Pink medium grained rock salt with grey clay-anhydrite laminae (category II).
Pen (length – 13 cm) for scale

Omawiana „galanteryjna” różowa sól kamienna występuje w formie stref o zmiennej grubości w kompleksie najmłodszej soli kamiennej dolnej (Na4a) i najmłodszej soli kamiennej ilastej (Na4at), tworząc tzw. pasy eksploatacyjne (podrozd. „Pozycja stratygraficzna soli różowej w złożu kłodawskim”). W świetle dotychczasowych obserwacji, sól kategorii I koncentruje się głównie w subogniwie najmłodszej soli kamiennej dolnej różowej (Na4ro), odpowiadającym II pasowi eksploatacyjnemu, natomiast sól II kategorii pojawia się w subogniwach soli warstwowanej (Na4w) i najmłodszej soli kamiennej ilastej (Na4at) – stanowiąc odpowiednio I i III pas eksploatacyjny. Z kolei sól kategorii III współtowarzyszy w zmiennych ilościach wymienionym wcześniej odmianom soli, a jej udział w poszczególnych pasach zależy od stopnia miejscowego zaangażowania tektonicznego warstw solnych. Jednakże wydaje się, że szczególnie wyraźnie występuje ona w strefie tzw. soli ze „skórami anhydrytu”, ze względu na jej powiązanie ze strefą silnych przemieszczeń tektonicznych.

Na przedstawiony obraz rozmieszczenia odmian soli różowej nakładają się lokalne pasmowe i soczewowe zmiany zabarwienia w obrębie danej kategorii. Są one związane prawdopodobnie z komplikacjami budowy wewnętrznej danego kompleksu i przemieszczeniem pigmentu hematytowego w wyniku procesów rekrytalizacji. Reasumując, rozmieszczenie poszczególnych odmian soli jest bardzo nieregularne i – jak się wydaje – determinowane lokalną tektoniką oraz zachodzącymi w jej wyniku procesami epigenetycznymi, powodującymi przebudowę pierwotnej struktury skały. Wyjątkowo trudne jest zatem prognozowanie wystąpień soli różowej w jej poszczególnych odmianach oraz jej miąższości i zasobów. Warunkiem wiarygodności takich ocen jest bardzo dokładne rozpoznanie budowy geologicznej wysadu – przynajmniej na obszarze planowanych wyrobisk eksploatacyjnych.

Dotychczasowe obserwacje wskazują na pewną prawidłowość – o ile nie przebiega w danym punkcie kopalni strefa silnych zaburzeń tektonicznych, to najlepsze cechy użytkowe charakteryzują sól zlokalizowaną w II pasie eksploatacyjnym, występującym poniżej horyzontu czerwonego ilitu śródsolnego (T4s). Poszukując optymalnych odmian soli różowej, uwagę należy koncentrować na tej właśnie warstwie, posilkując się przy jej wyznaczeniu pozycją wspomnianego horyzontu.

Charakterystyka petrograficzna soli różowej

Sole różowe pochodzące z kopalni kłodawskiej były wielokrotnie poddawane badaniom petrograficznym, mineralogicznym i geochemicznym. Badania te prowadzone były na różnych etapach rozpoznawania i dokumentowania złoża oraz rozcinania robotami górniczymi kolejnych jego części, zwanych polami eksploatacyjnymi. Głównym ich celem była zazwyczaj ocena jakościowa surowca pod kątem wymagań normowych dla soli kamiennej. Stąd też wyniki tych badań nie są wystarczające dla szczegółowej charakterystyki petrograficznej poszczególnych litologicznych lub litostratygraficznych wydzielen w solach różowych; charakteryzują natomiast ogólnie sole różowe będące przedmiotem eksploatacji w polach eksploatacyjnych, lub – bardziej szczegółowo – sole występujące w tzw. „pasach eksploatacyjnych” wydzielonych w obrębie tych pól (podrozd. „Pozycja stratygraficzna soli...”). Rezultatem wymienionych badań jest poniższa ogólna charakterystyka petrograficzna soli różowej.

Różowa sól kamienna jest halitytem równo- i różnoziarnistym o różnych wielkościach kryształów halitu, najczęściej – średnio- i gruboziarnistym. Kryształy halitu są zwykle ksenomorficzne, często spękane. Halitowi towarzyszą domieszki substancji ilastej i anhydrytu. Według Wernera *et al.* (1960) główne zanieczyszczenie soli kamiennej stanowią ziarna anhydrytu o krawędziach skorodowanych lub regularnych, bezładnie rozmieszczone w masie halitu, podobnie jak niewielka ilość substancji ilastej, której większe nagromadzenia występują w szczelinach łupliwości halitu. Zabarczenie soli pochodzi od hematytu występującego w postaci mikroblaszek, o wymiarach do 0.03 mm, skupionych głównie w anhydrycie. Hanczke (1969) w preparatach mikroskopowych z soli różowej stwierdziła obecność, poza halitem, nielicznych ziarenek anhydrytu, wykształconego idiomorficznie w postaci tabliczek i słupków o maksymalnej długości 0.3 mm oraz formy wachlarzowate, rozmieszczone w halicie pojedynczo i bezładnie. Halit, często mający niewyraźne krawędzie ziaren, zawierał ponadto drobniutkie inkluzje gazowe uszeregowane wzdłuż płaszczyzn łupliwości. Sporadycznie zaobserwowano małe blaszki hematytu.

Badania Wachowiaka (1998) wykazały, że we wszystkich frakcjach nierozpuszczalnego residuum z soli różowej występuje głównie anhydryt. We wszystkich zbadanych próbkach obecny jest też kwarc – jego zawartość zazwyczaj nie przekracza 1%. Jako minerały akcesoryczne występują kalcyt, dolomit i hematyt.

Badania składu chemicznego soli różowych prowadzone były wielokrotnie na przestrzeni kilkudziesięciu lat eksploatacji. Dużą część tych badań, obejmujących oznaczenia zawartości składników głównych, przeprowadzono w laboratorium zakładowym kopalni, w ramach rutynowych analiz chemicznych próbek bruzdowych wykonywanych dla celów dokumentacyjnych. Wyniki tych badań udostępnione przez służby geologiczne kopalni zestawiono w tabeli 2.

Tabela (Table) 2

Parametry statystyczne głównych składników w próbkach soli różowej z Kopalni Soli „Kłodawa”

Statistic parameters for main components content in samples of pink rock salt from the “Kłodawa” Salt Mine

Sole różowe (próbki bruzdowe) <i>Pink rock salt (channel samples)</i>	Parametry statystyczne <i>Statistic parameters</i>	NaCl %	CaSO ₄ %	części nierozp. <i>Insolubles</i> %
sole różowe – cały zbiór próbek <i>pink rock salt whole samples collection</i>	liczba próbek – <i>samples number</i>	97	29	97
	minimum	94.69	0.62	0.00
	maksimum – <i>maximum</i>	99.37	2.51	2.27
	śr. arytmetyczna – <i>arithmetic mean</i>	98.18	1.26	0.33
	śr. ważona – <i>weight mean</i>	98.23	1.22	0.30
	mediana	98.43	1.17	0.15
sole różowe – I pas eksploatacyjny <i>pink rock salt Ist exploitation belt</i>	liczba próbek – <i>samples number</i>	27	12	27
	minimum	97.03	0.72	0.01
	maksimum – <i>maximum</i>	99.14	2.51	1.41
	śr. arytmetyczna – <i>arithmetic mean</i>	98.28	1.36	0.28
	śr. ważona – <i>weight mean</i>	98.30	1.34	0.26
	mediana	98.43	1.21	0.10
sole różowe – II pas eksploatacyjny <i>pink rock salt IIInd exploitation belt</i>	liczba próbek – <i>samples number</i>	51	14	51
	minimum	94.69	0.62	0.00
	maksimum – <i>maximum</i>	99.37	1.79	2.27
	śr. arytmetyczna – <i>arithmetic mean</i>	98.39	1.15	0.28
	śr. ważona – <i>weight mean</i>	98.46	1.15	0.24
	mediana	98.43	1.02	0.12
sole różowe – III pas eksploatacyjny <i>pink rock salt IIIrd exploitation belt</i>	liczba próbek – <i>samples number</i>	19	3	19
	minimum	95.40	0.96	0.02
	maksimum – <i>maximum</i>	98.90	2.10	1.50
	śr. arytmetyczna – <i>arithmetic mean</i>	97.48	1.41	0.55
	śr. ważona – <i>weight mean</i>	97.38	1.33	0.58
	mediana	97.73		0.47

Są to wyniki analiz 97 próbek brzdowych pobranych z różnych poziomów wydobywanych, z podziałem na poszczególne pasy eksploatacyjne oraz obliczone parametry statystyczne zawartości poszczególnych składników. Badania te wykazały (Tab. 2), że zawartość NaCl w próbkach soli różowej zmienia się od 94.69% do 99.37% (średnia ważona: 98.23%), zawartość CaSO₄ – od 0.62% do 2.51% (średnia ważona: 1.22%), a zawartość części nierozpuszczalnych zmienia się od 0.0% do 2.27% (średnia ważona: 0.30%). Największym zróżnicowaniem zawartości NaCl i części nierozpuszczalnych charakteryzują się sole należące do II pasa eksploatacyjnego (Tab. 2), a najniższą średnią zawartością chlorku sodu i jednocześnie najwyższą średnią zawartością części nierozpuszczalnych w wodzie odznaczają się sole III pasa eksploatacyjnego. W solach różowych oznaczana była również zawartość pierwiastków śladowych. W 1988 r. badania takie były prowadzone przez Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Górnictwa Surowców Chemicznych CHEMKOP w Krakowie i dotyczyły oznaczenia zawartości w solach następujących pierwiastków: As, Br, Cd, Co, Cu, Fe, J, Mn, Ni, Pb i Zn. Wyniki tych badań dotyczące soli różowej przedstawiono w tabeli 3.

Wachowiak (1998) w sześciu punktowych próbkach soli różowej oznaczył metodą absorpcyjnej spektrofotometrii atomowej (ASA) zawartość: Fe, Mg, K, Ni, Co, Cr, Cu, Mn, Zn, Pb, Cd, Br, J, As i Se oraz – metodami kolorymetrycznymi przy użyciu spektrofotometru – koncentrację jodu i bromu. Parametry statystyczne (wartości minimalne, maksymalne i średnie arytmetyczne) zawartości pierwiastków śladowych w próbkach badanych przez Wachowiaka oraz w próbkach analizowanych przez OBRGSCHEM CHEMKOP w Krakowie zestawiono w tabeli 3.

Wyniki i wnioski płynące z wyżej omówionych, wykonywanych w różnych latach badań są na ogół dość zgodne. Sole różowe są solami kamiennymi o wysokiej zawartości chlorku sodu, dochodzącej do 99%, przy średniej zawartości przekraczającej 98% (Tab. 2). Główną domieszką zanieczyszczającą sól różową jest siarczan wapnia, a suma domieszek w solach reprezentujących trzy pasy eksploatacyjne nie przekracza 5%. Zawartość pierwiastków śladowych w próbkach soli różowych jest zazwyczaj dość niska, gdyż są one związane głównie z domieszkami występującymi w solach kamiennych (materiałem terygenicznym, siarczanami i węglanami). Zawartość bromu – pierwiastka występującego w solnych minerałach chlorkowych i będącego wskaźnikiem stężenia macierzystych solanek soli chlorkowych – zmienia się od 90 ppm do 240 ppm (Wachowiak 1998), co wskazuje, że różowe sole kamienne są pierwotnymi precypitami, powstałymi na drodze ewaporacji wód morskich.

Geneza soli różowej i jej wpływ na zróżnicowanie soli i formę występowania

W świetle dotychczasowych poglądów na genezę zabarwienia soli (por. Sonnefeld 1995) obecność pigmentu hematytowego może być wynikiem:

- rozpuszczania pierwotnego karnalitu zawierającego hematyt i powstania w konsekwencji sylwinu i halitu dziedziczących pigment,
- migracji hematytu w osad halitowy wskutek wymywania składników z sąsiadujących ilów.

Tabela (Table) 3
 Parametry statystyczne pierwiastków śladowych w próbkach soli różowej z Kopalni Soli „Kłodawa”
Statistic parameters for trace elements content in samples of pink rock salt from the “Kłodawa” Salt Mine

Rodzaj próbek <i>Sample type</i>	Parametry statystyczne <i>Statistic parameters</i>	Fe ppm	Mg ppm	K ppm	Mn ppm	Zn ppm	Ni ppm	Co ppm	Cd ppm	Br ppm	Pb ppm	Cu ppm	Cr ppm	As ppm	Se ppm	J ppm
Próbki punktowe (Wachowiak 1998) <i>Point samples</i>	liczba próbek <i>samples number</i>	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
	minimum	32	43	60	1.0	1.05	1.52	0.60	0.26	160	0.010	0.110	< 0.010	< 0.010	< 0.010	
	maksimum <i>maximum</i>	420	892	140	8.0	8.20	8.05	2.75	1.12	240	0.050	0.240	< 0.010	< 0.010	< 0.010	
Próbki bruzdowe (OBRGSChem CHEMKOP 1988) <i>Channel samples</i>	średnia arytmetyczna <i>arithmetic mean</i>	131	216	123	3.8	4.20	3.91	1.97	0.59	190	0.032	0.172	< 0.010	< 0.010	< 0.010	
	liczba próbek <i>samples number</i>	10			10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		10
	minimum	12.02			0.13	0.47	0.01	0.21	n.w.	n.w.	0.05	0.27		n.w.		n.w.
	maksimum <i>maximum</i>	700.00			3.80	3.10	0.74	0.54	n.w.	n.w.	0.44	0.57		n.w.		n.w.
	średnia arytmetyczna <i>arithmetic mean</i>	111.44			0.68	1.23	0.21	0.39			0.14	0.42				

n.w. – nie wykryto (*non-detected*)

W obu przypadkach produkt finalny – czyli sól różowa – może być utworem zarówno wczesnodiagenetycznym, powstałym tuż po pogrzebaniu młodszym osadem, jak i epigenetycznym, uformowanym podczas tworzenia się wysadu solnego, np. wskutek migracji ługów zawierających pigment hematytowy w spękany tektonicznie kompleks solny. Wyższy udział hematytu, kalcytu i anhydrytu w utworach zubru czerwonego (Na4t) niż w zubrze brunatnym (Na3t) uznany został przez Ślizowskiego *et al.* (2001) za argument przemawiający za wtórną przemianą – w warunkach wysokich ciśnień i temperatur na etapie głębokiego pogrzebania i późniejszego wypiętrzania – takich pierwotnych związków żelaza, jak getyt, piryt i hematyt, stwierdzonych w utworach zubru brunatnego. Zdaniem wymienionych autorów migracja hematytu z utworów zubru brunatnego doprowadziła do nadania czerwonej barwy utworom ogniwa zubru czerwonego i podścielającej go soli różowej z ogniwa najmłodszej soli kamiennej (Na4).

Rozstrzygnięcie, która z powyższych koncepcji: wczesnodiagenetyczna czy epigenetyczna, jest prawdziwa w świetle cech budowy złoża kłodawskiego, wymaga przeprowadzenia dokładnych prac kartograficznych i badań analitycznych. Dopiero wyjaśnienie genezy omawianej soli może uwiarygodnić koncepcje odnośnie perspektyw i kierunków eksploatacji tego surowca.

SPOSÓB POZYSKIWANIA „GALANTERYJNEJ” SOLI RÓŻOWEJ W KOPALNI KŁODAWSKIEJ

Sól kamienna o zabarwieniu różowym i pomarańczowym pozyskiwana była dotychczas w dwóch polach eksploatacyjnych kopalni: polu nr 3 i polu nr 5. Obecnie eksploatowana jest jedynie w polu nr 3, w przedziale głębokości od poziomu 600 m do poziomu 750 m. Wybierana jest systemem komór płaskich, podłużnych, z urabianiem zazwyczaj schodowo-spagowym lub spagowym jednostopniowym.

Typowe komory mają kształt prostopadłościanów: ich szerokość i wysokość wynosi 15 m lub nieco mniej na poziomach niższych, a długość zwykle przekracza 100 m. Stosowana tu odmiana systemu komorowego dostosowana jest do przestrzennego ukształtowania pola. Pozyskiwana stąd sól służy do produkcji wszystkich asortymentów soli kamiennej wytwarzanych przez kopalnię, także do produkcji tzw. kruchów (tzn. większych brył) soli „galanteryjnej”.

Cykl technologiczny robót górniczych w rozwiniętej komórce solnej składa się – w pewnym uproszczeniu – z następujących etapów:

1. urabianie kopaliny,
2. załadunek urobku,
3. odstawa urobku (transport oddziałowy).

Etapy te powtarzają się cyklicznie, aż do wyeksploatowania całej objętości komory.

Cykl technologiczny pozyskiwania kruchów solnych do produkcji wyrobów galanteryjnych jest odmienny od typowego cyklu produkcyjnego innych sortymentów soli.

Kruchy solne przeznaczone na wyroby galanteryjne powinny charakteryzować się następującymi cechami (podrozd. „Odmiany makroskopowe...”):

- intensywniejszą barwą: różową lub pomarańczową,
- dobrze wykrystalizowanymi ziarnami halitu (sól kamienna grubo- lub średnio-ziarnista),
- odpowiednią wielkością (pożądane są grubsze sortymenty),
- zwięzłością i brakiem spękań – podczas produkcji galanterii solnej sól poddawana jest obróbce mechanicznej i nie może być zbyt krucha,
- w miarę możliwości świeżymi przełamami na powierzchni kruchów.

Pierwszym krokiem jest tu rozpoznanie geologiczno-górnictwa, prowadzone na etapie rozcinania komory. Ma ono na celu stwierdzenie, czy w komorze występuje sól kamienna o cechach pożądanych dla produkcji kruchów solnych, a jeśli tak – to w której części komory sól taka się pojawia. Najczęściej sole o intensywniejszym zabarwieniu występują w postaci nieregularnych skupień, pośród typowej dla pola nr 3 bładopomarańczowej soli kamiennej. Na tym etapie komora zostaje zakwalifikowana jako komora „kruchowa” lub jako typowa komora produkcyjna. Należy tu nadmienić, że występowanie soli o intensywnym zabarwieniu, odpowiednim stopniu wykrystalizowania i odpowiednich parametrach mechanicznych nie jest częste – jest to zawsze zjawisko lokalne, zwykle o niewielkim zasięgu i jak dotąd nieprzewidywalne przed rozcięciem komory. W komorach „kruchowych”, dla zachowania pożądanej jakości kruchów solnych, wypracowano – wykorzystując doświadczenia zdobywane na przestrzeni kilku ostatnich lat – sposób prowadzenia robót w poszczególnych etapach cyklu technologicznego.

Prace w komorze solnej „kruchowej” podzielić można na następujące etapy:

1. Pozyskiwanie kruchów solnych, tzn.:
 - urabianie,
 - selekcja kruchów z urobku solnego,
 - załadunek,
 - odstawa.
2. Pozyskiwanie soli odrzuconej podczas selekcji kruchów, podobne, jak w opisanym typowym cyklu produkcyjnym:
 - załadunek pozostałego po selekcji urobku,
 - odstawa urobku (transport oddziałowy).

Urabianie soli odbywa się tu wyłącznie przy zastosowaniu techniki strzałowej długimi otworami strzałowymi. Metoda ta pozwala na uzyskanie mniej rozdrobnionego urobku oraz brył o większych rozmiarach. Podobnie jak w komorach produkcyjnych, po każdym odstrzeleniu uzyskuje się urobek w ilości około 300 Mg, po czym następuje selekcja kruchów z urobku solnego. Jest to etap, który nie występuje w typowej komorze produkcyjnej. Selekcja odbywa się ręcznie, na podstawie oglądu poszczególnych fragmentów urobku. Jest etapem trudnym, nie zmechanizowanym, czasochłonnym, mało wydajnym, wymagającym pewnego doświadczenia, a często zawodnym ze względu na słabe oświetlenie i zapylenie w komorze. Pozyskane w ten sposób kruchy stanowią co najwyżej 2% masy urobku. W komorze nie prowadzi się kolejnych prac strzałowych, dopóki nie zostanie zakończona selek-

cja. Rzutuje to zasadniczo na wydajność pracy w komorze „kruchowej”. Pozostały urobek spoczywa w komorze i może być wykorzystany w dalszym typowym cyklu technologicznym, po zakończeniu wybierania kruchów. Ponieważ stanowi on przeszkodę w dostępie do czoła komory i w dalszych robotach strzałowych, często bywa dodatkowo przemieszczany w obrębie komory.

Załadunek wyselekcjonowanych kruchów do wozów kopalnianych odbywa się zasadniczo ręcznie. Jedynie bryły większe załadowywane są za pomocą ładowarki. Po załadunku i odtransportowaniu kruchów solnych z odstrzelonej jednorazowo partii urobku cały proces urabiania i selekcji powtarza się.

Transport kruchów solnych odbywa się wozami kopalnianymi aż na powierzchnię, drogami transportu pochyłego, poziomego i pionowego: poprzez pochylnie i główny przekop transportowy na podszybie, a następnie szybem na powierzchnię. Na powierzchni, wozy kopalniane z kruchami solnymi przetaczane są do punktu załadowczego, na którym podawane są na środki transportu odbiorców (samochody). Przeładunek kruchów z łyżki ładowarki, poza największymi bryłami, odbywa się ręcznie i jest jednocześnie etapem kolejnej selekcji. Selekcja ta jest szczególnie dokładna, gdyż odbywa się przy świetle dziennym i przy udziale przedstawiciela firmy dokonującej zakupu. Podczas transportu część kruchów ulega uszkodzeniu i rozdrobieniu, wskutek czego jedynie 50–60% kruchów wydanych na powierzchnię znajduje nabywców. Pozostałe, złej jakości kruchy oraz sól rozkruszona podczas transportu gromadząca się w wozach kopalnianych, zawracane są do dalszego przerobu. Ponieważ rozwiązania technologiczne stosowane w kopalni uniemożliwiają skierowanie ich wprost do zakładu przerobczego, muszą być zawracane do szybu, opuszczane na poziom transportowy i dopiero tu mogą być włączone do technologicznego ciągu dla „zwykłej” soli kamiennej.

Charakteryzując sposób wydobycia kruchów solnych dla wyrobów galanteryjnych, należy zauważyć, że proces ten nie jest ciągły i stanowi dotychczas marginalną, uboczną produkcję kopalni. Kruchy produkowane są wyłącznie, jeśli istnieje zgłoszone przez odbiorców zapotrzebowanie, przy czym charakterystyczna jest sezonowa zmienność popytu.

UWAGI KOŃCOWE

Zapotrzebowanie na sól różową jako na nowy surowiec do produkcji galanterii solnej pojawiło się na rynku krajowym w początku lat 90. ubiegłego wieku. W związku z tym powstała potrzeba nowego, odmiennego sposobu poszukiwania i badania różowej soli kamiennej. Prowadzone przez szereg lat badania geologiczne miały na celu udokumentowanie zasobów soli pod względem ilościowym i jakościowym, zgodnie z obowiązującymi kryteriami bilansowości złoża oraz normami dla soli kamiennej. Badania te okazały się niewystarczające dla prognozowania wystąpień soli galanteryjnej w złożu i udokumentowania jej zasobów. Podstawowymi przeszkodami były: brak kryteriów oceny jakościowej oraz niezajomość genezy różnych odmian barwnych soli różowej. Dopiero po pokonaniu tych przeszkód można było postawić kolejne pytanie, szczególnie ważne przy poszukiwaniu i dokumentowaniu wystąpień soli galanteryjnej: czy można określić pozycję soli galanteryjnej w złożu na podstawie znajomości jego stratygrafii i budowy wewnętrznej. Przedsta-

wione opracowanie stanowi pierwszą próbę odpowiedzi na to pytanie w oparciu o dotychczasowe obserwacje, jednak wiele kwestii, np. pełniejsza charakterystyka petrologiczna i geneza poszczególnych odmian soli, wymaga systematycznych badań. Konieczne jest także uściślenie kryteriów kwalifikacji poszczególnych kategorii soli oraz prowadzenie dalszych obserwacji, jednoznacznie ustalających pozycję stratygraficzną i tektoniczną soli różowej w złożu kłodawskim.

Problemy dotyczące eksploatacji soli różowej „galanteryjnej” nie kończą się na zagadnieniach geologicznego dokumentowania wystąpień tej soli w złożu, gdyż odrębnym zagadnieniem są problemy górnicze związane z procesem produkcyjnym. Produkcja kruchów solnych do wyrobów galanteryjnych ma cechy okresowej eksploatacji selektywnej, która wiąże się zazwyczaj z zakłóceniami produkcji bieżącej kopalni (zmiana organizacji robót górniczych, organizacji pracy, transportu, zmniejszenie wydajności itp.). Niemniej, w kopalni kłodawskiej udało się wyodrębnić ciąg technologiczny pozyskiwania selekcyonowanych kruchów solnych, zgodnie z zapotrzebowaniem odbiorców, nie kolidujący z podstawową produkcją soli kamiennej.

Autorzy dziękują Dyrekcji Kopalni Soli „Kłodawa” za zgodę na udostępnienie archiwalnych wyników analiz chemicznych i pomoc w prowadzeniu badań w wyrobiskach kopalni. Szczególne wyrazy podziękowania należą się mgr. inż. Piotrowi Kolonce z Działu Geologiczno-Mierniczego Kopalni za wykonanie i udostępnienie do publikacji zdjęć okazów soli różowej i jej wystąpień w wyrobiskach.

Literatura

- Chandij M. 1976. Geochemiczna regionalizacja jakościowa złóż soli w kopalniach kujawskich. Kraków, *Prace Geologiczne PAN*, 91, 1–80.
- Charysz W. 1971. Nowy zarys stratygrafii formacji cechsztyńskiej w rejonie kujawskim. *Mat. Kolokwium*, Wyd. AGH, Kraków, 19–25.
- Charysz W. 1973. Cechsztyńskie piętro soli młodszych (Z3) w regionie kujawskim. *Prace IG*, 75, 1–68.
- Czapowski G., 1994. Facies characteristics and distribution of the Zechstein (Upper Permian) salt deposits of PZ3 (Leine) Cycle in Poland. *Bull. Pol. Academ. des Sciences, Earth Sciences*, 41, 4, 229–237.
- Czapowski G., 1995a. Salt facies of the Upper Permian. In: Maliszewska A. & Wagner R. (eds), XIII International Congress on Carboniferous-Permian. Guide to Excursion A3. Wyd. PIG, Warszawa, 85–96.
- Czapowski G., 1995b. Upper Permian (Zechstein) salt deposits on the Żary Pericline – characteristics, origin and economic value. *Prace PIG*, 150, 35–60.
- Czapowski G., Langer-Kuźniar A., Peryt T.M., Tomassi-Morawiec H., Starnawska E., Fijałkowska-Mader A., Cebulak S., Misiek G., Kolonko P., Kowalewicz W.M., Wowniuk S., Bukowski K., Tobała T., Skowroński L. & Dobroszycka T., 2002. *Geneza zębów cechsztynu (górnym perm) z obszaru Polski. Sprawozdanie merytoryczne z realizacji projektu nr 9T12B 00219*. KBN, Warszawa, 1–138.

- Griniw S.P., 1994. Skład i korelacja litostratygraficzna soli złoża kałużsko-chołyńskiego (ukraińskie Przedkarpacie). *Prz. Geol.*, 42, 9, 748–750.
- Hanczke T., 1969. Mineralogia i petrografia soli cechsztyńskich kopalni Kłodawa. *Prace Muzeum Ziemi*, 16, 3–52.
- Kirchner E., Schramm J.-M., Tichy G. & Vettters W., 1978. *Geological excursion to Austria*. Univ. of Salzburg, Salzburg, 1–192.
- Konstantynowicz E., 1989. *Geologia surowców mineralnych. Tom III. Surowce Chemiczne*. Uniw. Śląski, Katowice, 1–202.
- Koryń S.S., 1994. Budowa geologiczna mioceńskich formacji solonośnych ukraińskiego Przedkarpacia. *Prz. Geol.*, 42, 9, 744–747.
- Poborski J., 1960. Cechsztyńskie zagłębienie solne Europy środkowej na ziemiach polskich. *Prace IG*, 30, II, 355–366.
- Rosell Ortiz L.R. & Orti Cabo F., 1982. The Saline (Potash) Formation of the Navarra basin (Upper Eocene, Spain). *Petrology. Barcelona, Rev. del Inst. Invest. Geol. Dep. Provincial, Univ. de Barcelona*, 35, 71–121.
- Sonnenfeld P., 1995. The color of rock salt – a review. *Sedim. Geology*, 94, 2, 267–276.
- Ślizowski K., Gilewicz W.J., Kasprzyk W., Lankof L., Ney R., Pawlikowski M., Przewłocki K. & Ślizowski J., 2001. *Interpretacja wyników badań laboratoryjnych właściwości zębów brunatnych i hematytowych dla oceny ich przydatności do składowania odpadów promieniotwórczych. Temat nr 46 (C-2)*. IGSMiE PAN, Kraków, 1–185.
- Ślizowski K. & Saługa P., 1996. *Surowce mineralne Polski. Surowce chemiczne, sól kamienna*. Wydaw. Centrum PPGSMiE PAN, Kraków, 1–179.
- Wachowiak J., 1998. *Studium mineralogiczne skał chemicznych i silikoklastycznych wysadu solnego Kłodawa*. Praca doktorska, AGH, Kraków, 1–171.
- Wagner R., 1994. Stratygrafia i rozwój basenu cechsztyńskiego na Niziu Polskim. *Prace PIG*, 146, 1–71.
- Werner Z., 1972. *Dokumentacja geologiczna zasobów złoża soli kamiennej kopalni soli „Kłodawa” w Kłodawie kat. A + B + C*. CAG PIG, Warszawa, 1–111.
- Werner Z., Poborski J., Orska J., Bąkowski J., 1960. Złoże solne w Kłodawie w zarysie geologiczno-górnictwym. *Prace IG*, 30, 2, 467–512.
- Wysockij E.A., Gybin W.N., Cmycznik A.D., Szemiet S.F. & Jaszin I.A., 2003. *Miesto-rozdienija kalijnych soliej Biełorusji; gielogija i racjonalnoje niedropolzowanije*. Mińsk, 1–264.
- Vysotskiy E.A., Mahnach A.A., Peryt T.M. & Kruchek S.A. (in press). Lower Permian evaporites of the Pripiac' Trough (Belorus): a record of various sedimentary environments and origins. *Sedim. Geology*.

Summary

Pink rock salt becomes the very popular material for production of salt fancy goods and the paper presents a short review of its occurrences in many salt formations of various age and salt deposits in Poland, Europe and the world. Preliminary studies of pink rock salt

concentrations in the single exploited salt deposit in the Kłodawa diapir (“Kłodawa” Salt Mine, central Poland) enabled to define their stratigraphic position in the succession of Upper Permian (Zechstein) deposits constructing the diapir (Figs 1, 2; Tab. 1) and to characterize macroscopic features of salt and its occurrence form (Figs 3, 4). Mineral components, petrology as well as chemical composition (content of main – Table 2, and rare – Table 3 elements) were discussed. Three categories (the Ist – Fig. 5; the IIInd – Fig. 6 and the IIIrd ones) of pink rock salt were distinguished based on its most visually attractive and optimal mechanical features (e. g. colour, homogeneity, occurrence of negative mineral admixtures such as sulphates, clay and potash salts, fracturing intensity) required for fancy goods production. The best one is the Ist category, located in almost stable position in the deposit succession so it may be predicted during mining prospection. Finally the specific methods of exploiting of this “fancy” pink rock salt, applied in the “Kłodawa” Salt Mine, were exhaustively commented. Its exploitation, subordinate and parallel to the obligatory salt production for consumption and road treatment, requires precise salt excavation and manual selection of salt blocks to get a product with optimal features.