

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY  
BIULETYN 78

---



JÓZEF POBORSKI

P.12.14/52

# ZŁOŻE SOLNE BOCHNI NA TLE GEOLOGICZNYM OKOLICY

(z 3 tabl., 4 fot. i 13 fig. w tekście)

WARSZAWA  
Wydawnictwo Państwowego Instytutu Geologicznego  
1952



JÓZEF POBORSKI

**ZŁOŻE SOLNE BOCHNI  
NA TLE GEOLOGICZNYM OKOLICY**

(z 3 tabl., 4 fot. i 13 fig. w tekście)

**СОЛЯНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ БОХНИ  
НА ГЕОЛОГИЧЕСКОМ ФОНЕ ОКРЕСТНОСТИ**

(с 3 табл., 4 фот. и 13 фиг. в тексте)

**THE BOCHNIA SALT DEPOSIT ON THE GEOLOGICAL BACKGROUND  
OF REGION**

(with 3 pl., 4 phot. and 13 fig. in the text)



P.1214/52

Rękopis złożono w P.I.G. 26.X. 1950 r.

Zatwierdzono do druku 12. VI. 1951 r.

Dyrektor Naczelny Jan CZARNOCKI

p. 240/60

Redaktor Naczelny — Dr Stanisław KRAJEWSKI  
Redaktor Naukowy — Mgr Walentyna MIODUSZEWSKA  
Oddano do drukarni VI. 51. Druk ukończono VII. 52.

---

Stoł.-2 Zam. 421 — Nakł. 1000. Obj. 10 ark., pap. piśm., 3 kl. 70 g. 3-B-50519.

JÓZEF POBORSKI

# ZŁOŻE SOLNE BOCHNI NA TLE GEOLOGICZNYM OKOLICY

(z 3 tabl. 4 fot. i 13 fig. w tekście)

SPIS RZECZY

	Str.
Przedmowa . . . . .	5
Wstęp . . . . .	8
Ogólne wiadomości o złożu solnym i skałach otaczających . . . . .	8
Sposób udostępnienia złoża robotami górniczymi . . . . .	11
Roboty poszukiwawcze w okolicy Bochni . . . . .	12
Zarys geologii Bochni i położenie złoża solnego w jej ogólnym przekroju . . . . .	15
Stratygrafia . . . . .	16
Tektonika . . . . .	20
Litologia i stratygrafia serii solnej Bochni i jej utworów spągowych . . . . .	22
Utwory spągowe serii solnej . . . . .	23
Występowanie metanu w utworach spągowych serii solnej . . . . .	33
Seria solna . . . . .	34
Warunki sedymentacji serii solnej Bochni . . . . .	44
Ogólne warunki osadzania się soli z wody morskiej . . . . .	44
Cykle sedymentacji chemicznej w serii solnej Bochni . . . . .	47
Warunki paleogeograficzne tworzenia się serii solnej Bochni . . . . .	50
Morfologia złoża . . . . .	54
Granice złoża . . . . .	55
Morfologia złoża w płarach i przekrojach . . . . .	56
Miejsce odkrycia złoża solnego w Bochni . . . . .	62
Stosunek złoża do skał otaczających . . . . .	63
Tektonika wewnętrzna złoża . . . . .	64
Analiza tektoniki wewnętrznej złoża . . . . .	65

Złoże solne Bochni jako wynik naturalnego wzbogacenia procesami tektonicznymi . . . . .	73
Proces formowania się złoży i niektóre rysy głębszej tektoniki w okolicy Bochni . . . . .	77
Wschodnie złoże solnego i naturalne ługowanie soli . . . . .	79
Górnicza charakterystyka złoży solnego i warunki jego eksploatacji . . . . .	83
Wnioski końcowe . . . . .	88
Profile geologiczne otworów wiertniczych . . . . .	92
Literatura . . . . .	97
Резюме . . . . .	131
Summary . . . . .	131

JÓZEF POBORSKI  
ZŁOŻE SOLNE BOCHNI  
NA TŁE GEOLOGICZNYM OKOLICY

SPIS TREŚCI

73	Proces formowania się złoży i niektóre rysy głębszej tektoniki w okolicy Bochni
77	Wschodnie złoże solnego i naturalne ługowanie soli
79	Górnicza charakterystyka złoży solnego i warunki jego eksploatacji
83	Wnioski końcowe
88	Profile geologiczne otworów wiertniczych
92	Literatura
97	Резюме
131	Summary

## P R Z E D M O W A

Rok 1251 przy uwzględnieniu źródeł historycznych, jakimi rozporządza znakomity historyk Ziemi Bocheńskiej S. Fischer, wydaje się najbardziej prawdopodobną datą odkrycia soli kamiennej w Bochni. W roku 1951 Salina Bocheńska obchodziła zatem 700-lecie swego istnienia. Równocześnie na tenże rok przypadło stulecie pierwszej publikacji geologiczno-górnicznej o złożu solnym w Bochni w opracowaniu A. H a u c h a (9).

Odkrycie soli kamiennej w Bochni było poprzedzone dłuższym okresem eksploatacji źródeł słonych. Jedno z nich zostało rozpoznane i zbadane przy wstępnych robotach w poszukiwaniu soli, prowadzonych w Łapczycy koło Bochni w 1941 r. Zapewne do tego źródła oraz paru innych, już zniszczonych, odnoszą się najstarsze wzmianki historyczne o soli w okolicy Bochni, pochodzące z XII wieku.

Dzieje Saliny Bocheńskiej, jak i Wielickiej, stanowią jeden z najpiękniejszych rozdziałów historii ojczystego górnictwa. W dziejach tych najstarszych zakładów przemysłowych w Polsce można znaleźć nie tylko odzwierciedlenie stosunków gospodarczych kraju w różnych okresach historycznych, ale przede wszystkim ewolucję techniki górniczej od prymitywnego kopalnictwa aż do obecnego stanu. Niejedną z zasad, dominujących w nowoczesnym górnictwie i uważaną dziś za oczywistą, wykształciła się stopniowo z biegiem historii. Na przykładzie Saliny Bocheńskiej można przekonać się najlepiej, ile potrzeba było wiekowych doświadczeń z podziemnym transportem i wydobywaniem urobku górniczego, zanim nauczono się zakładać poziomy kopalniane i z nich korzystać. Tu należą również doświadczenia w dziedzinie naturalnej wentylacji kopalń oraz zgłębiania szybów poprzez kurzawki, występujące pospolicie w nadkładzie formacji solonośnej itd.

Wprawdzie górnictwo kruszcowe jest niemal równie stare jak solne, jednak to pierwsze na naszych ziemiach nie miało do czynienia z tak du-

żymi głębokościami, a rodzaj doświadczeń technicznych i jego drogi rozwojowe były nieco odmienne.

Szczególnie interesujące dzieje Saliny Bocheńskiej i na ich tle rozwój rodzimej sztuki i nauki górniczej, wyrażony przedsięwzięciami szeregu pionierów w tej dziedzinie, są przedmiotem historycznego opracowania wspomnianego badacza S. Fischera. W niniejszej pracy geologicznej wypada jednak nadmienić, że historyczna rozbudowa kopalni odpowiadała rozwijającej się znajomości stosunków geologicznych złoża solnego, oraz że w większych przedsięwzięciach poszukiwawczych wyrażała się wielokrotnie pionierska koncepcja „geognostyczna“, która była początkiem nowoczesnej geologii.

*Józef Poborski*



## S t r e s z c z e n i e

Tematem pracy jest złoże solne Bochni na tle geologicznym okolicy, tj. w ścisłym związku genetycznym z historią geologiczną okolicznego wycinka Podkarpacia. Złoże to zostało udostępnione i zbadane dzięki robotom górniczym, które prowadzi się od połowy XIII wieku aż do dziś dnia.

Seria solna, jako ograniczony zespół warstw zawierających gips, anhydryt i sól, stanowi jeden z najniższych oddziałów stratygraficznych miocenijskiej formacji w okolicy Bochni. Formacja ta uległa sfałdowaniu i znacznemu spiętrzeniu przed nasuwającym się brzegiem Karpat.

W monograficznym opisie złoża solnego najpierw pokazano jego pozycję w ogólnym przekroju geologicznym okolicy Bochni (mapa geologiczna i przekrój, fig. 1 i 2). Złoże znajduje się mianowicie w północnym skrzydle tzw. antykliny bocheńskiej, jaką tworzy formacja solonośna.

Następnie przedstawiono stratygrafię serii solnej i jej utworów spągowych. Na podstawie szczegółowego profilu stratygraficznego sporządzono wykres natężenia sedimentacji chemicznej w czasie powstawania tej serii (fig. 8) i starano się odtworzyć warunki sedimentacji.

W dalszej części pracy opisano morfologię złoża, przedstawioną graficznie w planie pionowym, podłużnym (fig. 3), w przekrojach poziomych (fig. 4) i w szeregu sylwetkowych profili złoża (fig. 5). W ten sposób zostały wyjaśnione warunki ułożenia złoża jako pewnej całości przestrzennej w stosunku do skał otaczających, czyli jego tektonika zewnętrzna. Szczególną uwagę poświęcono jednak tektonice wewnętrznej złoża solnego. Na podstawie szczegółowych przekrojów złoża (tabl. I, II i III) autor zanalizował zawiślane stosunki ułożenia warstw w złożu i sporządził schematy tektoniczne, w rezultacie zaś interpretacji tektoniki doszedł do wniosku, że większe skupienia soli w złożu są wynikiem naturalnego wzbogacenia procesami tektonicznymi.

W konsekwencji powyższych rozważań tektonicznych starano się odtworzyć proces formowania się złoża przed nasuwającym się brzegiem Karpat.

W górniczej charakterystyce złoża przedstawiono trudne warunki jego eksploatacji, system odbudowy (fig. 13), stopień wyeksploatowania złoża i pozostałe zasoby. Z tych ostatnich wynika, że złoże solne Bochni objęte kopalnią jest bliskie wyczerpania.

W zakończeniu zwrócono uwagę na zagadnienia geologiczne w szerszej okolicy Bochni, pozostałe jeszcze do rozwiązania. Zarazem rozważono możliwości znalezienia nowych złóż solnych i wskazano pewne kierunki poszukiwań górniczych.

## WSTĘP

Tematem niniejszej pracy jest przedstawienie złoża solnego Bochni na geologicznym tle okolicy, to jest w ścisłym związku genetycznym z historią geologiczną danego regionu. Zagadnienie tego rodzaju wymaga zdefiniowania we wstępie kilku terminów.

Większy kompleks warstw, stanowiących całość w pojęciu geologii historycznej i regionalnej, a który zawiera tzw. serię solną jako znamienny człon stratygraficzny, zasługuje na miano formacji solonośnej. Przez serię solną zaś należało by rozumieć ograniczony zespół warstw, w którym przeważają produkty sedymentacji chemicznej, tj. gips, anhydryt i sól kamienna.

Złoże solne jest wycinkiem serii solnej, w którego obrębie występują skupienia soli o wartości przemysłowej. Tak pojęte złożo solne jest genetycznie związane z formacją solonośną, wszelkie zaś zagadnienia geologiczno-górniczne, a w szczególności poszukiwania górnicze powinny być rozpatrywane na szerszym tle geologicznym danego regionu.

Na skutek fizycznych właściwości soli seria solna była przyczyną swoistego zaburzenia formacji solonośnej w czasie ruchów górotwórczych. Formacja ta uległa sfałdowaniu i szczególnie silnemu spiętrzeniu pod naporem nasuwającego się brzegu Karpat na odcinku okolicy Bochni, objętym załączoną mapą (fig. 1).

Przedstawienie stosunków geologicznych w ograniczonym obszarze okolicy Bochni było treścią referatu pt. „Miocieńska formacja solonośna w budowie Podkarpacia okolicy Bochni“, wygłoszonego przez autora niniejszej pracy w styczniu 1946 r., w Polskim Towarzystwie Geologicznym w Krakowie.

### Ogólne wiadomości o złożu solnym i skałach otaczających

Zbadana okolica złoża solnego w Bochni, jako tło geologiczne, obejmuje odcinek Podkarpacia o szerokości paru i o długości kilkunastu kilometrów, tj. od wsi Łazy na wschodzie, poprzez miasto Bochnię, do wsi Moszczenica na zachodzie. Obszar ten, wraz z jego przedłużeniem ku zachodowi aż do Chełmu nad Rabą, można wyodrębnić geologicznie jako Podkarpacie bocheńskie.

Pod względem orograficznym Podkarpacie bocheńskie zaznacza się jako ciągle pasmo wzgórz o wysokości do 300 m n. p. m. Pasma to oddziela się wyraźnie od strony południowej od właściwych grzbietów kar-

packich, od strony zaś północnej przylega do nizin nadrzecznych Raby i Wisły (około 200 m n. p. m.).

Podkarpacie bocheńskie jest zbudowane w swej przeważającej masie z utworów miocennych. Dawniejsi badacze tego obszaru — J. N i e d ź w i e d z k i (15), a następnie G. B u k o w s k i (2, 3, 4, 5) — przeprowadzili podział tutejszego miocenu na dwa oddziały wiekowe, tj. na starsze warstwy chodeńskie i młodsze warstwy grabowieckie. Warstwy chodeńskie noszą również nazwę warstw solonośnych lub formacji solonośnej Bochni, gdyż właśnie pośród nich znajduje się tzw. seria solna jako ważny horyzont stratygraficzny.

Utwory miocenu w okolicy Bochni są pokryte czwartorzędem niemal na całej przestrzeni swego występowania. Nadkład ten stanowią chude gliny polodowcowe i utwory napływowe. Naturalne odsłonięcia utworów miocenu na powierzchni są rzadkie i bardzo niewyraźne. Jest to już widoczne ze szczegółowej mapy geologicznej G. B u k o w s k i e g o (5) w skali 1 : 25 000, która została wykonana na podstawie bardzo dokładnego, powierzchniowego zdjęcia geologicznego.

Pomijając nadkład czwartorzędowy, który miejscami osiąga znaczną miąższość, badanie starszego podłoża w opisywanym obszarze jest nadzwyczaj utrudnione przez przypowierzchniowe zaburzenia w normalnym ułożeniu warstw. Odgrywają tutaj rolę takie zjawiska, jak ścinanie wychodni na przedpolu partii nasuniętych, zsuwy zboczowe, głębokie rozmycia erozyjne z okresu przedlodowcowego i związane z nimi powstawanie zwalisk, dalej intensywne procesy eluwialne i wtórne przeobrażenia mineralne niektórych osadów chemicznych (gipsy, wapienie pogipsowe, margle wapienne itd.).

Dla poznania wglębnych stosunków geologicznych okolicy Bochni największe znaczenie miała sztuczna odkrywka, jaką jest bocheńska kopalnia, odsłaniająca złoże solne i otaczające je skały aż do głębokości przeszło 400 m. Poza tym, mnóstwo materiałów geologicznych dostarczyły górnicze roboty w poszukiwaniu soli, prowadzone przez miejscową Salinę w różnych okresach czasu.

Seria solna, poznana w okolicy Bochni, złożona z naprzemianległych warstw anhydrytu, soli i ilu, wykazuje znaczną ciągłość na większej przestrzeni. Rozprzestrzenienie serii solnej wykracza poza ramy badanego obszaru, gdyż stanowi ona stały horyzont stratygraficzny w miocenie Podkarpacia zachodniego. Natomiast złoże solne Bochni jest tylko fragmentem tej serii, to jest wycinkiem, ograniczonym do paru kilometrów po rozciągłości. W obrębie tego wycinka występuje wyjątkowo skupienie soli o wartości przemysłowej.

Badania złoże solnego Bochni wykazały, że jest to skupienie soli przede wszystkim natury tektonicznej, tzn. że pierwotnie uboższe pokłady soli pod wpływem procesów tektonicznych uległy miejscowemu naturalnemu wzbogaceniu. Na obszarze formowania się złoże utwory serii solnej zachowywały się w czasie ruchów górotwórczych do pewnego stopnia niezależnie od skał otaczających. Wskutek tego złoże solne może być traktowane jako morfologiczna całość, czyli jako tzw. górotwór solny, o wyraźnych granicach i o swoistej budowie wewnętrznej.

Sposób ułożenia złoże można streścić następująco:

W przekrojach poziomych złoże przedstawia się w formie soczewkowatej, wydłużonej. Ogólna rozciągłość warstw złoże jest zbliżona do kierunku E — W. Długość złoże, mierzona po rozciągłości, a objęta kopalnią, wynosi około 3,5 km. Szerokość złoże zmienia się w granicach od kilkudziesięciu do 200 m maksymalnie.

Jak wynika z ogólnego przekroju geologicznego Bochni (fig. 2), złoże solne leży w górnej części bardzo stromo, niemal pionowo, z lokalnymi przechyleniami ku północy lub południowi. Poczynając zaś od głębokości 200 — 300 m w dół, złoże zapada na południe z ogólnym średnim ( $15 - 45^\circ$ ) kątem upadu. Jedynie we wschodniej części złoże leży na całej głębokości niemal monoklinalnie, ze średnim upadem na południe.

W ogólnym zapadaniu złoże w głąb, szczególnie w profilach zachodnich i środkowych, obserwuje się bardzo znamienne zjawisko. Mianowicie, na pewnej głębokości zachodzi przegięcie całego złoże na południe, połączone z wybrzuszeniem ku północy. Na tej głębokości złoże wykazuje największą miąższość i optimum górnicze. Poczynając od tejże głębokości w dół miąższość złoże zmniejsza się.

Co się tyczy krańcowych partii złoże, tj. po upadzie w głąb i po rozciągłości na wschód i zachód, to na ogół stwierdzono stopniowe zwięzanie się złoże w tych kierunkach, aż do lokalnego wygniecenia tektonicznego. Zjawisko to bywa połączone ze zmianą rozciągłości warstw.

W ogólnej budowie wewnętrznej złoże solne jest skupieniem fałdów o stosunkowo wysokiej amplitudzie. Są to fałdy strome, silnie sprasowane, przechodzące w łuski.

W złoże solnym Bochni wyróżnia się trzy kompleksy warstw, które znamionują się tym, że zawierają odmienne gatunki soli. Jest to podział górniczy na sole: południowe, środkowe i północne. Utwory kompleksu południowego znajdują się wzdłuż południowej granicy złoże i zajmują południową część jego przekroju poprzecznego. Podobnie utwory kompleksu środkowego i północnego zajmują miejsca odpowiednie do swej nazwy.

Pokłady i soczewkowe skupienia soli jadalnej zdadne do odbudowy, tj. o miąższości paru metrów, występują w poszczególnych kompleksach pośród soli ilastych i skał płonnych, tj. ilu i anhydrytu.

Jak wynika z rozwiązania zagadnień stratygraficznych, skały przylegające do złoża solnego od strony południowej są utworami spągowymi, od strony północnej zaś stropowymi. Opisano je szczegółowo w rozdziale poświęconym stratygrafii.

Złoże solne jako całość jest wyraźnie ograniczone od strony S i N. Południowa powierzchnia graniczna złoża jest poniekąd uformowana tektonicznie jako powierzchnia dyslokacji. Zarazem warstwy spągowe są bardzo znacznie zaburzone tektonicznie w swojej normalnej kolejności ułożenia. Wskutek tego ze złożem solnym kontaktują od południa różne ogniwa stratygraficzne tych utworów, a nawet skały starszego podłoża, tj. utwory fliszowe, silnie zaburzone i występujące przeważnie w postaci grubej brekcji tektonicznej.

Skały przylegające do złoża solnego od strony północnej są wyraźnie związane ze złożem solnym normalną kolejnością sedimentacji. Jest to bardzo monotonna seria warstw chodenickich, przebita chodnikami poprzecznymi do przeszło 100 m na północ od złoża solnego. Przejście od złoża do tych skał jest bardzo regularne na całej przestrzeni występowania złoża.

Pakiet warstw chodenickich, przylegających zgodnie do złoża solnego od północy, przedstawia się jako ily margliste, łupkowe, ciemnoszare, wyraźnie uwarstwione decymetrowo, z pyłem kwarcowym w płaszczyznach uwarstwienia i z centymetrowymi wkładkami drobnego piasku. Obecność warstewek piasku sprawia, że ily te przepuszczają wodę. Zawierają one również rzadkie wkładki marglu krzemionkowego i syderytycznego. Wietrzejąc brunatnieją i rozsypują się liściasto.

### Sposób udostępnienia złoża robotami górnictwymi

Złoże solne w Bochni zostało udostępnione robotami górnictwymi w ciągu 700 lat istnienia kopalni. Roboty te objęły już niemal całe złożo. Obecnie kopalnia posiada 5 następujących szybów, licząc od zachodu ku wschodowi : Trinitatis, Campi, Regis, Sutoris i Floris. Główny szyb wydobywczy, Campi, udostępnia środkową i poniekąd zachodnią część złoża.

Z szybów zakładano poziomy eksploatacyjne, przeważnie w pionowych odstępach 20 — 30 m. Sposób udostępnienia złoża szybami i poziomami kopalnianymi przedstawiony jest planem na fig. 3, gdzie podano

głębokości poziomów. Jak widać z planu, wyróżnia się następujące dwa systemy poziomów: 1) we wschodniej części złoża 9 poziomów szybu Floris, oznaczonych dla uproszczenia znakami F1 — F9 oraz 2) w środkowej i zachodniej części złoża 10 poziomów szybu Campi, oznaczonych znakami C1 — C10. Poziom 11-y (C11) w środkowej części złoża dostępnym jest z podziemnego szybu Mazurkiewicz I.

W poziomie eksploatacyjnym dostęp do górotworu solnego umożliwia system chodników pojedynczych. Chodniki te pędzi się w dwóch zasadniczych kierunkach w stosunku do ułożenia warstw, tj. jeden chodnik po rozciągłości, mniej więcej środkiem złoża, jako tzw. podłużnię i prostopadle do niej chodniki poprzeczne, czyli poprzeczniki. Podłużnia spełnia rolę głównego chodnika przewozowego na danym poziomie. Z podłużni zakłada się na obie strony poprzeczniki w odstępach 30 — 100 m. Jednak najczęściej praktyczny okazał się często stosowany odstęp 50 m. Poprzeczniki spełniają dwojakie zadanie, tj. jako wyrobiska badawcze, a następnie przygotowawcze dla odbudowy górniczej. Pędzi się je zwykle do granicy złoża, wchodząc niejednokrotnie w skały otaczające. Ściany poprzeczników leżą w płaszczyznach przekrojów poprzecznych, więc ich szczegółowe profile są podstawowym materiałem dla geologii złoża.

Celem jednoznacznego określania położenia danego punktu na jednym z poziomów kopalnianych, stosuje się lokalny układ współrzędnych prostokątnych, którego jedna oś jest zorientowana w kierunku E — W, druga zaś N — S. Układ ten zaznaczono na planie (fig. 4). Poszczególne poziomy kopalniane są oznaczone liczbą wyrażającą ich położenie w stosunku do poziomu morza (+ lub —).

W dalszym ciągu niniejszej pracy oznacza się dany poprzecznik liczbą odnośnego południka, w którym on leży. Ponieważ jednak nie wszystkie poprzeczniki są zorientowane południkowo, lecz miejscami prowadzone są przekątnie, więc oznacza się je południkiem, który przechodzi przez ich skrzyżowanie z podłużnią. Liczby oznaczające poprzeczniki mają znak +, gdy poprzecznik znajduje się na wschód, a znak —, gdy leży na zachód od początku układu współrzędnych.

### Roboty poszukiwawcze w okolicy Bochni

O prawdopodobnych, najstarszych poszukiwaniach soli w okolicy Bochni nie dochowały się żadne wiadomości. Być może, że stare zwalę z gipsem, obok źródła słonego w Łapczycy koło Bochni, wspomnianego na wstępie, są śladem jakiejś dawnej roboty poszukiwawczej.

Pewne wiadomości o poszukiwaniach górniczych w tej okolicy pochodzą dopiero z XIX-go wieku. Mianowicie w latach 1810 — 1820 prowa-

dzono roboty tego rodzaju w Gorzkowie, na wschód od Bochni, gdzie zgłębiono kilka szybów. Oglądał je G. G. P u s c h (20), w związku z rekonesansem geologicznym w Karpatach zachodnich. Z robót tych zachowały się plany z cennymi adnotacjami geologicznymi.

W tejże samej okolicy, lecz nieco dalej ku północy, wykonano w latach 1897 — 1899 dwa głębokie wiercenia „Gorzków 1“ i „Łazy 1“, z inicjatywy J. N i e d ź w i e d z k i e g o. Pozostałe plany, dzienniki wiertnicze i protokoły pozwalają odtworzyć ówczesną ideę poszukiwawczą. Profile geologiczne tych wierceń przytoczone są poniżej.

W latach 1940 — 1944 autor prowadził z ramienia Saliny Bocheńskiej badania geologiczne okolicy Bochni i wstępne roboty w poszukiwaniu soli, których zadaniem było dokładne wyznaczenie stanowisk dla głębokich wierceń. Głównym celem tychże było najpierw odkrycie domniemanego przedłużenia złoża solnego Bochni po rozciągłości na E i W.

Załączona mapa geologiczna (fig. 1) jest próbą mapy odkrytej okolicy Bochni. Wobec zakrycia starszego podłoża przez utwory czwartorzędowe śledzenie przebiegu poszczególnych warstw i sporządzenie takiej mapy było możliwe dzięki wielkiej ilości płytkich wierceń i robót ziemnych, które wykonano w związku z ostatnimi robotami poszukiwawczymi w okolicy Bochni.

Dla orientacji w rozmiarach tych robót warto wziąć pod uwagę, że w wymienionym okresie wykonano m. in. świdrem 3,5“Ø. około 300 wierceń ręcznych o przeciętnej głębokości 5 — 8 m, dalej około 350 metrów bieżących rowów o szerokości 0,8 — 1,5 m i o głębokości 0,5 — 4,0 m, 5 szybików prostokątnych (1,3 × 1,8 m) o głębokości 12 — 20 m itd. Roboty te prowadzono w nadzwyczaj trudnych warunkach finansowych i technicznych okresu wojennego.

W rezultacie wstępnych robót poszukiwawczych wyznaczono kilka stanowisk dla głębokich wierceń na sól. W latach 1942 — 1944 prowadzono głębokie wiercenie „Łapczyca 1“ w Łapczycy, na zachód od Bochni. Wiercenie to nie zostało doprowadzone do projektowanej głębokości 550 m wskutek wywiezienia urządzeń wiertniczych do Niemiec. Profil geologiczny otworu „Łapczyca 1“ zamieszczono poniżej.

W 1944 r. wykonała Salina Bocheńska głębsze wiercenie w poszukiwaniu wody dla wodociągu miasta Bochni. Założono je w dolinie rzeki Raby, po północnej stronie toru kolejowego Kraków — Tarnów. Profil geologiczny tego otworu „Chodenice 1“ przytoczono poniżej.

Wyniki wymienionych robót w okolicy Bochni, przedstawione w kilku referatach, stały się przedmiotem zainteresowania geologów karpaccich. W nawiązaniu do tych wyników uruchomiono w 1946 r. wiercenia w poszukiwaniu złóż bituminów w okolicy Bochni. Przy tym wypada nadmie-

nić z należnym uznaniem, że inicjatorem tych wierceń był dr K. Tołwiński, który pierwszy po wojnie zainteresował się tym regionem i wynikami wykonanych badań oraz zwrócił uwagę na możliwości występowania złóż bitumicznych. Uzasadnił on potrzebę dalszych badań i w 1946 r. wyznaczył pierwsze wiercenia. Dalszy tok tych wierceń został w 1947 r. przejęty przez innych geologów.

W niniejszej pracy uwzględniono wyniki tych wcześniejszych powojennych wierceń, które założono w samej Bochni, w obrębie zainteresowań Saliny. Tu należą otwory: „Bochnia 1, 3 i 4” (profile dwóch ostatnich załączamy w niniejszej pracy). Mają one szczególnie doniosłe znaczenie dla poznania utworów spągowych serii solnej i dla wyjaśnienia pozycji gipsów Uzborni w przekroju geologicznym Bochni.

Bieżące głębokie wiercenia w okolicy Bochni zapewne wyjaśnią pozostałe ważne zagadnienia geologiczne tego regionu. W ostatnich paru latach w planie badań Państwowego Instytutu Geologicznego zostały uwzględnione w większym stopniu zagadnienia geologiczno-gospodarcze złóż solnych. W związku z tym wyodrębniono osobno Wydział Geologii Soli, który podjął się systematycznego opracowania geologicznego złóż solnych, oprócz bieżących robót poszukiwawczych w formacjach solonośnych Polski. Spośród miocenkich złóż solnych złożo Bochni okazało się najbardziej przygotowane do takiego opracowania.

Ostateczne opracowanie tematu niniejszej publikacji oraz związane z tym uzupełniające kontrolne badania w obszarze Bochni zostały przeprowadzone przez autora z ramienia Państwowego Instytutu Geologicznego, w planie prac Wydziału Geologii Soli, w sezonie 1950 r.

Robotami poszukiwawczymi 1940 — 1944 r. objęto strefę formacji solonośnej na całej szerokości jej występowania. W monotonnej masie tych utworów ilastych starano się wyróżnić skały, które można by uznać za horyzonty przewodnie.

Już pierwszymi robotami wymienionego okresu stwierdzono, że złożo solne tworzy wychodnie w formie wąskiej czapy gipsowej, zamaskowanej przez muły i gliny plejstocenkie. Gipsy te nazwano zrazu solnymi, dla odróżnienia od ewentualnych innych wystąpień gipsu w okolicy Bochni. Pasma gipsów solnych stało się przewodnie w badaniu przedłużenia złoża solnego Bochni po rozciągłości na E i W.

Najwięcej uderzającą cechą w składzie litologicznym formacji solonośnej, czyli warstw chodenickich, okazało się występowanie pośród nich tzw. jasnych łupków, tj. jasnoszarych i białych, na ogół nie zawierających węgla wapnia. Według nowszych badań utwory te okazały się tufitami, gdyż ich główna substancja mineralna pochodzi z tufów wulkanicznych (10).



Wbrew pozornej wielokrotności i nieregularności występowania utworów tufitowych w profilu warstw chodenickich oraz różnorodności ich odmian udało się stwierdzić robotami ziemnymi, że istnieją co najwyżej dwa horyzonty tufitowe. Niższy z nich składa się z kilku pokładów, wyraźnie zróżnicowanych petrograficznie, które wraz z naprzemianległymi, normalnymi sedimentami ilastymi, tworzą przewodni pakiet warstw o dużej stałości wykształcenia w badanym obszarze, jako tzw. seria tufitowa dolna.

W południowej części miasta Bochni, w wyniosłym wzgórzu Uzbornia, znane było od dawna większe występowanie gipsu, które uważano za odosobnione złoże gniazdowe. Przez kilkadziesiąt lat istniała tam odkrywkowa kopalnia gipsu. Robotami ziemnymi odkryto podobne występowanie gipsu, w dalszym niejako przedłużeniu wzgórza Uzbornia ku zachodowi (wzgórze Urwaniec i następne) oraz poniekąd ku wschodowi. Gipsom tego pasma towarzyszą poniekąd pospolicie margle wapienne w formie nieregularnych przerostów.

Poza tym, w badanym obszarze formacji solonośnej zanotowano inne mniejsze, a nieregularne wystąpienia gipsu.

#### ZARYS GEOLOGII OKOLICY BOCHNI I POŁOŻENIE ZŁOŻA SOLNEGO W JEJ OGÓLNYM PRZEKROJU

U t w o r y m i o c e Ń s k i e okolicy Bochni należą do piętra torońskiego. Dzielią się one na dwa duże kompleksy, tj. na warstwy chodenickie — starsze — i warstwy grabowieckie — młodsze. Pod względem składu litologicznego i cech petrograficznych kompleksy te były opisywane dokładnie przez J. Niedźwiedzkiego (15) a następnie przez G. Bukowskiego (2, 3, 4, 5), którego badania mają największe znaczenie dla poznania geologii okolicy Bochni.

Odnośnie do ułożenia i wzajemnego stosunku warstw chodenickich G. Bukowski przypuszczał, że główna masa tych warstw, zawarta pomiędzy nasunięciem karpackim od południa a wielkim uskokiem podłużnym od północy, została w czasie ruchów górotwórczych ustawiona stromo, bez przefaldowania, z ogólnym upadem na południe i tym samym południowe kompleksy tychże warstw byłyby młodsze.

W związku z wynikami robót wykonywanych przez autora tektonika warstw chodenickich była przedmiotem licznych dyskusji (A. Gawęł, J. Gołąb, T. Chlebowski i inni). Zgodnie z nowym stanem wiedzy o budowie Karpat i Przedgórze próbowano tłumaczyć stosunki tektoniczne w tutejszym miocenie więcej naturalnie

niż dotychczas, tj. wychodząc z pojęcia fałdu i łuski. W ewolucyjnym szeregu pojęć wyrażano różne poglądy na ten temat.

Wypowiedziany poniżej pogląd na budowę geologiczną okolicy Bochni zapewne nie jest oryginalny w swoim schematycznym zarysie, jednak szczegółowe zestawienie materiałów geologicznych narzuca nam ten pogląd jako najprostszy.

### Stratygrafia

Stratygrafię miocenu okolicy Bochni można podać ogólnie następująco:

Seria solna Bochni należy niemal do najniższych poziomów stratygraficznych formacji solonośnej i osadzała się częściowo na podłożu fliszowym.

Miocieńskie utwory spągowe serii solnej, jako przylegające do złoża solnego Bochni od strony południowej, opisano w następnym rozdziale. Są to iłowce margliste, przeważnie ciemnoszare, zaczynające się od spodu zlepieńcem ilastym z materiałem fliszowym. Zawierają one grubszy pakiet charakterystycznego piaskowca marglistego i zwięzły łupek margłowy. Miąższość tych utworów musiała być zależna od lokalnych nierówności podłoża i wynosi przeciętnie parę dziesiątków metrów.

Seria solna jest zespołem naprzemianległych warstw iłowca, anhydrytu i soli kamiennej, o miąższości przynajmniej 70 m. Stratygrafii tej serii poświęcono następnny rozdział.

Na serii solnej leży duży kompleks warstw chodenickich, o miąższości około 300 m. W wyższej części tego monotonnego kompleksu iłowego, przynajmniej 150 m ponad serią solną, występuje seria tufitowa, dolna.

Profil dolnej serii tufitowej, jako przewodniego pakietu warstw, został zbadany dostatecznie szeregiem robót poszukiwawczych i przedstawia się następująco:

Miąższość w m	Opis utworów
Strop	Il łupkowy, przeważnie marglisty, ciemnoszary.
0,5	Łupek kaolinowo-ilasty, szary, cienko uwarstwiony; sediment przejściowy do poniższego.
1,0	Łupek kaolinowy, tufitowy, jasnoszary i biały.
1,0—1,5	Łupek kaolinowo-ilasty, j. w.
2,5	Łupek kaolinowy, tufitowy, j. w., zapiaszczony w najwyższej ławicy, o miąższości 0,3 m. W niektórych partiach wykazuje strukturę drobnofalista. Zawiera parucalowe przerosty typowego tufitu gruboziarnistego, z ostrymi ziarnami kwarcu, z łuskami do 1 mm czarnej miki (biotyt) i okruchami białego pumeksu.
0,5—0,8	Łupek kaolinowo-kwarcowy (piaszczysty), tufitowy, przeważnie cienko uwarstwiony, jasnoszary i biały; sediment przejściowy do poniższego.

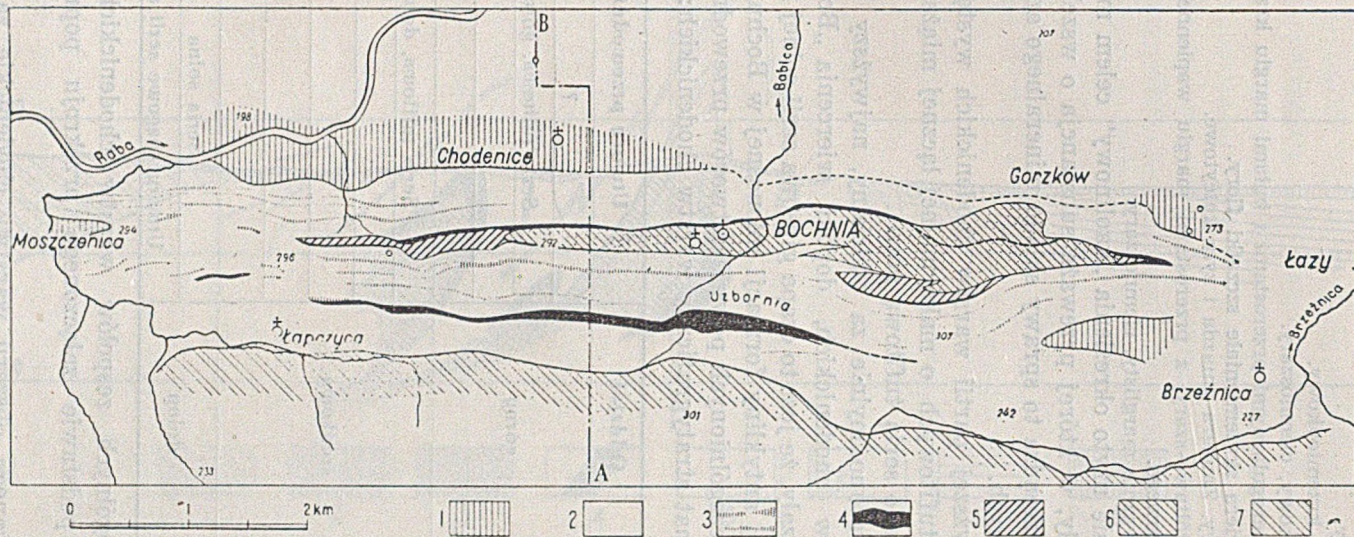


Fig. 1

Szkic geologiczny okolic Bochni

- 1 — warstwy grabowieckie; 2 — warstwy chodenickie w ogólności; 3 — tufity;
- 4 — seria solna; 5 — utwory spagowe serii solnej; 6 — flisz jądra antykliny bocheńskiej; 7 — flisz brzegu karpackiego. A—B: linia przekroju (fig. 2)

- 2,0 — 3,0 Piaskowiec kwarcowy, tufitowy, kruchy, uwarstwiony, po części łupkowy, jasnoszary i biały.  
 0,2 — 0,5 Piaskowiec j. w., krzemionkowy.  
 4,0 — 5,0 Il marglisty, łupkowy, ciemnoszary.  
 0,2 — 0,5 Il marglisty, z nieregularnymi przerostami i bułami marglu krzemionkowego, który zawiera skrzemieniałe szczątki flory.  
 1,0 — 1,5 Il marglisty, szary. Zawiera gniazda i żyły kałcytowe.  
 0,5 — 1,0 Margiel ilasty, żółtawo-szary, z przerostami marglu wapiennego, miejscami krzemionkowego.  
 Spąg Il łupkowy, przeważnie marglisty, ciemnoszary.

W powyższym opisie użyto określenia „kaolinowy“ celem makroskopowego oznaczenia skały, w której przeważa substancja o wszelkich pozorach kaolinu. Nie przesądza to sprawy składu mineralnego ani też rodzaju minerałów glinowych.

Zapewne w najwyższej partii warstw chodenickich występuje zespół cieńszych warstw tufitowych o maksymalnej łącznej miąższości parę *m*. Zespół ten nazwano serią tufitową górną.

Gipsy Uzborni uważano mylnie za oddzielny, najwyższy horyzont stratygraficzny warstw chodenickich, dopóki wiercenia „Bochnia 3“ i „Bochnia 4“ nie wykazały, że jest to czapa gipsowa serii solnej na szczycie drugiej, południowej antykliny formacji solonośnej w Bochni.

Stosownie do wyszczególnionych powyżej utworów przewodnich ułożono następujący schemat stratygraficzny warstw chodenickich:

Formacja	Oddział	Utwory przewodnie
Warstwy chodenickie, czyli formacja solonośna	górnny	?
		Seria tufitowa, górna
	środkowy	Seria tufitowa, dolna
	dolny	Seria solna
		Utwory spągowe serii solnej

Miąższość poszczególnych zespołów warstw chodenickich można średnio obliczyć na podstawie załączonego przekroju poprzecznego (fig. 2).

W ramach opisywanego obszaru warstwy chodenickie są pokryte częściowo przez warstwy grabowieckie będące osadami młodszego zalewu.

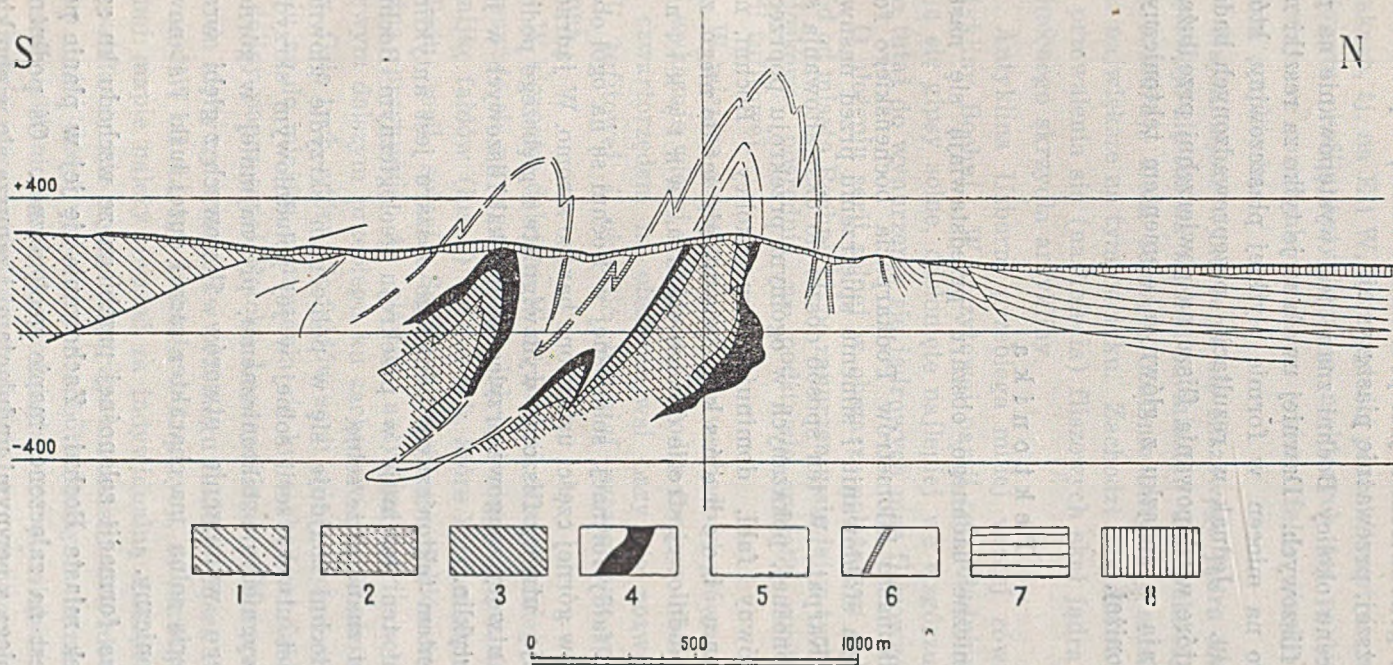


Fig. 2

Przekrój geologiczny okolic Bochni na linii A—B (por. fig. 1)

- 1 — flisz brzegu karpackiego; 2 — flisz jądra antykliny bocheńskiej; 3 — utwory spągowe serii solnej; 4 — seria solna; 5 — warstwy chodnickie w ogólności; 6 — tufity; 7 — warstwy grabowieckie; 8 — utwory czwartorzędowe.

Niższa część warstw grabowieckich jest przeważnie ilasta, w przeciwstawieniu do części wyższej, przeważnie piaszczystej.

W obrębie miocenu okolicy Bochni znane jest występowanie na powierzchni utworów fliszowych. Dawniej uważano je tylko za resztki nasunięcia karpackiego na miocen w formie płytkiej płaszczowiny, która uległa zdenudowaniu. Jednak w rezultacie przeprowadzonych badań stwierdzono, że niektóre występowania fliszu na powierzchni przedłużają się w głąb i pozostają w związku z głównym elementem tektonicznym Bochni, opisanym poniżej.

### T e k t o n i k a

Stosunki tektoniczne badanego obszaru przedstawiają się następująco:

Na odcinku kilkunastu kilometrów Podkarpacia bocheńskiego formacja solonośna uległa sfałdowaniu i silnemu spiętrzeniu przed nasuwającym się brzegiem Karpat. W ten sposób doszło do ukształtowania się fałdów formacji solonośnej, pokazanych w ogólnym przekroju poprzecznym (fig. 2). Główny fałd, dominujący w okolicy Bochni, nazywano a n t y k l i n ą b o c h e ń s k ą, równoległy zaś do niego, zarysowujący się w południowej strefie danego obszaru, a n t y k l i n ą U z b o r n i.

Silnie spiętrzone fałdy formacji solonośnej w Bochni są na ogół obalone ku północy, lecz w górnej części ustawione bardzo stromo. W jądrach tych fałdów występują utwory fliszowe, wydźwignięte z głębszego podłoża. Seria solna i jej utwory spągowe przylegają do skał fliszowych w jądrowych partiach antyklin.

Głównym elementem tektonicznym badanego obszaru jest antyklina bocheńska. Element ten dominuje w przekroju geologicznym Bochni i z nim związane jest znane złożo solne.

Złożo solne Bochni znajduje się w północnym skrzydle głównej antykliny. Natomiast utwory serii solnej w jej południowym skrzydle uległy znacznemu wygnieceniu tektonicznemu, przynajmniej w górnej części. Wskutek tego wynurzenie utworów fliszowych z głębi wraz z oskrzydłającą je serią solną ma charakter raczej dużej łuski i stanowi główny element tektoniczny.

Główna antyklina formacji solonośnej przebiega ze wschodu ku zachodowi przez środek miasta Bochni. Zachowanie się jej w planie poziomym widoczne jest na załączonej mapie geologicznej. Oś podłużna owej antykliny przebiega z pewnymi undulacjami i zanurza się w obu kie-

runkach, tj. na E i W, w odległości paru kilometrów od Bochni. W szczegółowym profilu antykliny, w niektórych jej partiach zarysowuje się intensywne rozczłonkowanie na wtórne fałdy (łuski) o stosunkowo wysokiej amplitudzie.

Najsilniejsze wynurzenie się fliszowego jądra antykliny bocheńskiej obserwuje się tuż na wschód od miasta. Jak wskazują ostatnie, wschodnie przekroje złoża solnego, obalenie antykliny serii solnej ku północy jest największe na tym odcinku. Zachodzi tu ciekawe zjawisko tektoniczne przewalania się (nasunięcia) fliszowych skał jądra poprzez wychodnie północnego skrzydła antykliny.

Antyklina Uzborni przebiega mniej więcej równolegle do głównej antykliny Bochni. W szczytowej partii tej południowej antykliny znajdują się gipsy solne, odsłonięte najlepiej we wzgórzu Uzbornia. Nie doszło tutaj do wynurzenia się jądrowych mas fliszowych.

O ułożeniu serii solnej w obszarze położonym dalej na wschód i zachód od miasta Bochni, tj. po zanurzeniu się jej w tych kierunkach, można wnioskować pośrednio na podstawie sposobu występowania nadległej serii tufitowej.

W miejscu zanurzania się ku wschodowi główna antyklina serii solnej wykazuje więcej regularne i łagodne formy. Niestety, znaczne pokrycie czwartorzędem na obszarze wsi Łazy nie pozwala tam prześledzić serii tufitowej i określić bardziej szczegółowo sposobu ułożenia serii solnej.

W kierunku dalej na W od Bochni, w zachodniej części wsi Łapczyca, obserwuje się na wychodniach lub pod nieznacznym nadkładem całą harmonijkę fałdów (łusek) tufitowych, które formowały się na plastycznym podłożu serii solnej. Sądząc z przebiegu fałdów tejże serii tufitowej, można przypuścić, że główna antyklina serii solnej w Bochni ulega w swym dalszym przebiegu ku zachodowi rozczłonkowaniu na kilka fałdów. Osie tych wtórnych fałdów serii solnej można wytyczyć w przybliżeniu aż do miejsca zanurzania się ku zachodowi fałdów tufitowych, tj. do doliny poprzecznej Potoku Łapczyckiego w Moszczenicy.

Co się tyczy szczegółów przebiegu fałdów i łusek tufitowych w obszarze na NW od starego kościoła w Łapczycy, to rozwiązanie tego na załączonej mapie należy uważać za indywidualną interpretację tektoniczną, na podstawie nie wystarczającego materiału dowodowego. Pomimo bowiem dużej ilości wykonanych robót ziemnych intensywne, wtórne zaburzenia tektoniczne na wychodniach warstw, miejscami zaś także znaczne zakrycie czwartorzędem utrudniają w najwyższym stopniu rozwiązanie zagadnienia w szczegółowej skali.

W zachodniej części badanego obszaru, w obrębie warstw chodenickich, stwierdzono dyslokacje tektoniczne, będące wynikiem płytkiego nasunięcia, którego płaszczyzna zapada stosunkowo łagodnie ku południowi. Wskutek tego warstwy chodenickie górne nasuwają się częściowo na także warstwy środkowe.

Utwory fliszowe brzegu Karpat nie były objęte badaniami autora. Dlatego więc na załączonej mapie nakreślono główną linię brzegu Karpat w sposób przybliżony, na podstawie poprzednich zdjęć geologicznych.

W kopalni soli, jak też w okolicy Bochni, znane były oddawna niewielkie wystąpienia gazów ziemnych (metan). Drobne wyziewy metanu w kopalni wiążą się z południową granicą złoża solnego, tj. ze skałami spągowymi serii solnej. W okolicy Bochni zanotowano w kilku miejscach wydmuchy metanu, pochodzące na ogół z utworów miocenkich. Napotymano je w głębokich wierceniach i przy kopaniu studni.

#### LITOLOGIA I STRATYGRAFIA SERII SOLNEJ BOCHNI I JEJ UTWORÓW SPĄGOWYCH

We wstępie do stratygrafii serii solnej objaśniamy pospolite terminy „tekstura“ i „struktura“ w znaczeniu, w jakim one będą używane nadal.

Przez **t e k s t u r ę** rozumiemy wykształcenie elementarnych składników skały, tj. wielkość ziarn mineralnych, ich kształt i wzajemny stosunek przestrzenny w „tkaninie“ skalnej. Natomiast **s t r u k t u r a** dotyczy tych cech masy skalnej, które są wynikiem pewnych zmian składu mineralnego i tekstury. Zatem naturalny sposób rozpadania się skały, uwarstwienie, sposób rozmieszczenia kongregacji itd. będą cechami strukturalnymi.

W niniejszej pracy zastosowano kilka nowych terminów dla określenia niektórych skał osadowych, jak np. ilowiec, marglowiec, mułowiec. Terminów tych użyto celem podkreślenia pewnego stopnia ich zwięzłości w porównaniu z materiałem wyjściowym, który nie uległ procesowi znaczniejszej diagenezy, jak il, margiel, muł. Z drugiej strony starano się unikać terminu „łupek“, który sugeruje wybitną cechę strukturalną, tj. łupliwość w równoległych płaszczyznach uwarstwienia, podczas gdy wymienione zwięzłe skały nie zawsze odznaczają się tą cechą. Natomiast w przypadkach, gdzie zróżnicowanie tego rodzaju nie było konieczne, używano także terminu il, margiel, muł w starszym, ogólnie przyjętym sensie.

W odniesieniu do soli przyjęto następujące teksturalne normy wielkości ziarna:



poniżej 1 mm	drobne
1 — 4 mm	średnie
powyżej 4 mm	grube

Stosownie do tego będziemy odróżniać sól drobno-, średnio- i gruboziarnistą.

W określaniu stopnia zanieczyszczenia soli można posługiwać się terminami przyjętymi w przemyśle solnym. Zatem sól jadalna będzie oznaczać sól kamienną, która nadaje się do celów spożywczych bez oczyszczenia jej specjalnymi procesami przeróbki mechanicznej lub chemicznej. Taka sól zawiera zwykle 1 — 3% zanieczyszczeń siarczanem wapnia, iłem itd. W żadnym razie zanieczyszczenia te nie powinny przekraczać 5%.

### Utwory spągowe serii solnej

Seria solna jest jednym z najniższych oddziałów stratygraficznych miocenińskiej formacji okolicy Bochni. Prawdopodobne jest nawet, że seria ta osadzała się miejscami bezpośrednio na starszym podłożu. W najważniejszej jednak części obszaru seria solna została poprzedzona osadzeniem się wcześniejszych sedymentów miocenińskich, które stanowią jej utwory spągowe.

Utwory spągowe serii solnej poznano częściowo w kopalni, częściowo zaś w okolicy Bochni, w odkrywkach naturalnych i sztucznych oraz w wierceniach poszukiwawczych.

Ustalenie następstwa warstw spągowych serii solnej napotyka większe trudności, a to z przyczyn zarówno natury pierwotnej — sedymentacyjnej, jako też wtórnej — tektonicznej. Niezależnie od tego brak odpowiedniej ilości odkrywek i nieciągłość obserwacji komplikuje to zadanie.

Utwory spągowe serii solnej, jako pierwsze osady formacji miocenińskiej, osadzały się na bardzo nierównym podłożu. Dno zapadliska, na które wdarło się morze miocenińskie, musiało być bardzo nierówne. W pierwszym obszarze zalewowym znajdowało się zapewne wiele półwyspów, wysp, podwodnych progów i mielizn. Na tak nierównym podłożu sedymentacja musiała być bardzo nieciągła. Podczas gdy w jednym miejscu tworzyły się transgresywne zlepieńce, w drugim, niezbyt odległym, mogły tworzyć się zwykle morskie osady płytkowodne, w innym zaś miejscu obszaru zalewowego mogły znajdować się wyspowe progi skalne, które z biegiem czasu, w miarę zapadania się podłoża, uległy zanurzeniu.

Tworzenie się osadów chemicznych, w szczególności zaś soli, pozostaje w określonym stosunku czasowym i przestrzennym do ruchów góro-

twórczych. Mianowicie największe natężenie sedymentacji chemicznej towarzyszy wielkim ruchom górotwórczym lub następuje tuż po nich. Szczególnie korzystne dla tworzenia się osadów solnych są ruchy epirogeniczne i związane z nimi transgresje i regresje morskie.

Seria solna Bochni pozostaje w genetycznym związku z zapadaniem się północnego przedgórze Karpat i z transgresją morza mioceńskiego. Prawdopodobnie niepokój tektoniczny i ruchy podłoża w obszarze pierwotnej sedymentacji mioceńskiej przyczyniły się znacznie do niestałości i zmienności wykształcenia utworów spągowych serii solnej. O niespokojnych warunkach sedymentacji z początkiem miocenu świadczą niektóre cechy strukturalne odpowiednich utworów. Takimi cechami są osobliwe struktury, będące wynikiem osuwania się osadów w stanie hydroplastycznym, tuż po ich utworzeniu się. Zjawiska tego rodzaju można obserwować w niektórych odkrywkach kopalnianych i w profilach wierceń rdzeniowych. Tu należy również przekątne uławicenie warstw itd.

Niezależnie od wymienionych przyczyn pierwotnej natury sedymentacyjnej intensywne zaburzenia tektoniczne, jakim uległa formacja solonośna okolicy Bochni, nadzwyczajnie utrudniają szczegółowe rozwiązanie stratygrafii tejże formacji. W największym stopniu odnosi się to jednak do niższych osadów mioceńskich, tj. do serii solnej i do jej utworów spągowych, od których ta seria została po części odkłuta. Zaburzenia te zostaną przedstawione w rozdziale poświęconym tektonice złoże solnego. W rozważaniach stratygraficznych wystarczy nadmienić, że południowa powierzchnia graniczna złoże solnego jest powierzchnią dyslokacyjną. Wskutek tego ze złożem solnym kontaktują od strony południowej różne człony stratygraficzne utworów spągowych, zarówno mioceńskich jak też starszych, fliszowych.

Z powyższych względów odkrywki kopalniane skał spągowych serii solnej przedstawiają się zbyt różnorodnie, ich zaś studium porównawcze napotyka wielkie trudności. Mogą tu być pomocne szczegółowe profile niektórych odkrywek powierzchniowych i wierceń rdzeniowych w okolicy Bochni.

Skały fliszowe, które stanowiły pośrednio podłożę serii solnej w czasie jej sedymentacji, można oglądać obecnie w niektórych wyjątkowych miejscach w kopalni i w okolicy Bochni. W kopalni napotymano je w chodnikach poprzecznych, czyli poprzecznikach, które pędzono dalej w kierunku południowym poza granice złoże. Najdłuższymi chodnikami tego rodzaju były: poprzecznik (+) 1840, czyli tzw. poprzecznik „Baum“, na poziomie F1, poprzecznik „Gazaris“ na poziomie C1 i poprzecznik „Stanisław“ na poziomie C5. Najdłuższy z nich był poprzecznik „Baum“ dostępny do dziś dnia, podczas gdy poprzeczniki „Gazaris“ i „Stanisław“

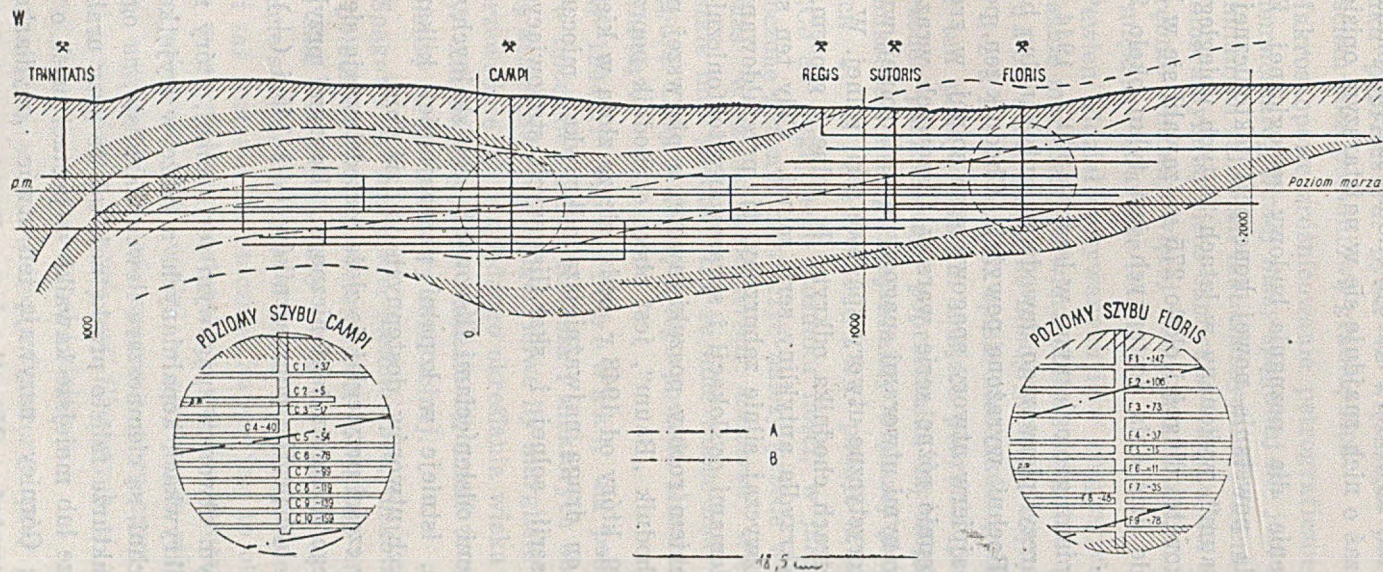


Fig. 3

Plan pionowy podłużny kopalni soli w Bochni

- A — osie podłużne ważniejszych wypukłości złoże od strony północnej;  
 B — osie podłużne niektórych fałd wewnętrznych złoże w części zachodniej.

zostały podsadzone już dawno temu. Figurują one na starych planach kopalnianych, wzmianka zaś o nich znajduje się w najstarszym opisie złoża A. Haucha (9).

Największe znaczenie dla poznania budowy geologicznej Bochni, w szczególności zaś dla powstania nowej koncepcji tektonicznej, miał chodnik poprzeczny „Baum“, wykonany w latach 30-tych ubiegłego wieku. Chodnik ten, o całkowitej długości około 275 m, zawalił się w końcowym odcinku, tak że do dziś dnia dostępnych jest tylko około 210 m (fig. 5, profil + 1850).

W związku z badaniami geologicznymi w latach 1940 — 1944 profil chodnika „Baum“ dostarczył pierwszego dowodu na antyklinálną budowę formacji solonośnej w Bochni wyrażoną powyżej. Chodnik ten, po wyjściu ze złoża, przebił najpierw utwory spągowe serii solnej w zredukowanej miąższości, następnie różne serie warstw fliszowych wraz z załadowanymi i zaklinowanymi utworami spągowymi serii solnej, wreszcie wszedł znów w charakterystyczne utwory spągowe serii solnej. W ostatnich, niedostępnych metrach chodnika odkryto ily solne z gipsem, należące do południowego skrzydła antykliny serii solnej. Cały ten stromy układ warstw jest nadzwyczaj silnie zaburzony, tj. przeładowany, potrzaskany kilkoma systemami dyslokacji i sprasowany tektonicznie.

Niejakim powtórzeniem roboty poszukiwawczej z pierwszej połowy XIX wieku, jaką był chodnik „Baum“, jest obecnie chodnik poprzeczny (+) 85, na poziomie C9, który od 1948 r. pędzi się ze złoża w kierunku południowym. Będzie on drugą najważniejszą odkrywką miocenijskich utworów spągowych serii solnej i skał fliszowych, stanowiących jej podłoże.

Poza najważniejszymi odsłonięciami fliszowych serii skalnych w wymienionych chodnikach, istnieje w kopalni przynajmniej kilkanaście mniejszych odkrywek tych utworów, dostępnych do dziś dnia.

Utwory fliszowe w części przyległej do złoża przedstawiają się poważnie w formie grubego druzgotu tektonicznego. Dobrymi przykładami takiej brekcji mogą być profile poprzeczników (+) 145 i (+) 1495 na poziomie C1.

Najbardziej typowym utworem spągowym serii solnej, który można oglądać pospolicie w odkrywkach kopalnianych a także w wyjątkowych miejscach w okolicy Bochni, są ciemnoszare iłowce margliste, na ogół nie uwarstwione, lecz o strukturze falisto przekątnej, tak że przy urabianiu rozpadają się na większe lub mniejsze kawałki w postaci łusek o lśniących powierzchniach. Górnicy nazywają ten utwór „mydlarka“ ze względu na jego zlustrowanie. Napotkanie mydlarki w południowym

chodniku poprzecznym bywa w większości przypadków równoznaczne z wyjściem poza południową granicę złoża.

Makroskopowe zróżnicowanie petrograficzne tej pozornie monotonej, ciemnoszarej, iłowej masy spągowej nie jest łatwe, szczególnie wobec wspomnianych zaburzeń tektonicznych. Wyrazem pewnych różnic w składzie mineralnym są nieco odmienne właściwości fizyczne. Tak np. można wyodrębnić odmiany więcej tłuste lub chude, miejscami nawet mułowe, dalej miększe i twardsze itd.

Pewien oddział opisywanych iłów spągowych, w odmianie miększej i wyraźnie marglistej, zawiera obficie mikrofaunę. Zwrócił na to uwagę G. Bukowski, już jako młody geolog, o czym wspomina J. Niedźwiędzki w swoim opisie stosunków geologicznych Bochni (15). Autor ten podaje zarazem miejsce pobrania próbek iłu z mikrofauną, tj. przodek południowego poprzecznika na międzypozioście C5/6. Wyniki mikropaleontologicznej analizy większej próbki iłu z wymienionego miejsca J. Niedźwiędzki podaje w następujący sposób:

„Co do względnego stosunku ilości, w jakiej występują powyższe przytoczone gatunki, zaznaczyć należy przede wszystkim, że *Globigerina bulloides* wraz z *Globigerina universa* wielokrotnie przewyższają wszystkie inne gatunki, tak że inne wobec nich wcale podrzędnie tylko występują. Całą tę faunę z tego powodu słusznie nazwać by można globigerinową“.

W 1944 r. T. Chlebowski, na podstawie swoich doświadczeń w miocenie okolicy Kałusza i niektórych obserwacji w Bochni, starał się uzasadnić, że globigerynowe iły margliste mogą mieć tutaj znaczenie przewodnie dla względnego określania wieku w stosunku do serii solnej. W danym przypadku należało by uznać te margle globigerynowe za znamienne utwór spągowy serii solnej.

Spągowe iły margliste, ciemnoszare, łuskowe, odsłaniane w kopalni przy południowej powierzchni złoża, zawierają miejscami okruchy i wtrącenia skał fliszowych, przy czym te ostatnie są jakby po części rozprowadzone sedymentacyjnie w masie iłu miocńskiego cementującego je, po części zaś rozarte tektonicznie. Zatem jest to utwór na pół zlepieńcowy, który w normalnym następstwie warstw miocńskich zajmowałby najniższe położenie. W kopalni w niektórych miejscach odsłania się taki na pół zlepieńcowy utwór spągowy, przy czym materiał egzotyczny pochodzi przeważnie z iłowych serii fliszowych, tj. z pstrych iłowców barwy czarnej, brunatnej, czerwonej i zielonej.

Czerwona barwa w iłowym utworze, przy południowej granicy złoża solnego, rzucała się w oczy górników od dawna, jako posiadająca swe

znaczenie geologiczne. W związku z tym G. B u k o w s k i zrobił następującą uwagę (5):

„W długiej, wąskiej soczewce, która się odznacza występowaniem pokładów soli i w której impregnacja iłów solą jest zjawiskiem nierzadkim, dają się oprócz tego obserwować czerwone ily, mające nawet pewne znaczenie przy poszukiwaniach górniczych“.

Wyraźne odsłonięcie pstrych iłów, typowych w spągu złoża solnego, znajduje się w kopalni, np. w południku (+) 100 na głębokości 180 m, licząc od wieńca szybu Campi, tj. przy stopniach „Sułów“. W odkrywce tej do południowej granicy złoża przylega parumetrowa ławica pstrego iłowca, przeważnie czerwonego i zielonego, wybitnie zlustrowanego i mającego strukturalne cechy brekcji tektonicznej. Badanie mikropaleontologiczne próbki tego iłowca, wykonane w 1942 r. przez placówkę ówczesnego krajowego Instytutu Geologicznego w Jaśle, dało następujący wynik, w dosłownym tłumaczeniu orzeczenia:

„Pstre, przeważnie czerwone i zielone ily łupkowe zawierają jednoznaczna faunę otwornicową z fliszu. Jest to fauna stosunkowo bogata w osobniki i rodzaje. Składa się ona niemal wyłącznie z piaskowo-skoprupnych otwornic fliszowych, między którymi skamieniałością przewodnią w rejonie Karpat okazała się przede wszystkim *Haplophragmium globigeriniforme*. Chodzi tutaj o niższy eocen dolny“.

Typowy utwór spągowy serii solnej — ciemnoszare ily margliste o strukturze łuskowej — wykazują miejscami przejścia do takiegoż utworu uwarstwionego i to zarówno po rozciągłości jak też w profilach poprzecznych. Wydaje się przy tym, że stopień zatracenia struktury uwarstwionej oraz złuskowanie tego utworu zależy od deformacji tektonicznych, jakie zachodziły na jego granicy z serią solną. Zarazem odnosi się wrażenie, że te deformacje zachodziły przynajmniej częściowo w stanie plastyczności skały. Przykładem takiego utworu o strukturze przejściowej od łupkowej do łuskowej może być profil chodnika poprzecznego (—) 1095 na poziomie C1. Jak można zauważyć, w tym chodniku, jak też w innych odkrywkach kopalnianych w strefie słabszych zaburzeń tektonicznych, w normalnej kolejności utworów spągowych, do serii solnej przylegają bezpośrednio utwory uwarstwione.

Spągowy iłowiec marglisty o wyraźnej strukturze łupkowej poznano w profilach wykopów poszukiwawczych (szurfów), wykonanych w przedłużeniu złoża solnego Bochni ku zachodowi w Łapczycy, np. w szybiku nr 1 (Fig. 12) lub w otworze wiertniczym „Łapczyca 1“. Utwór ten występuje w tamtej okolicy osiągając znaczną miąższość kilkudziesięciu metrów.

Opisane powyżej ily margliste stanowią przeważającą masę w spągu serii solnej. W masie tej spotyka się skały o nieco odmiennym cha-

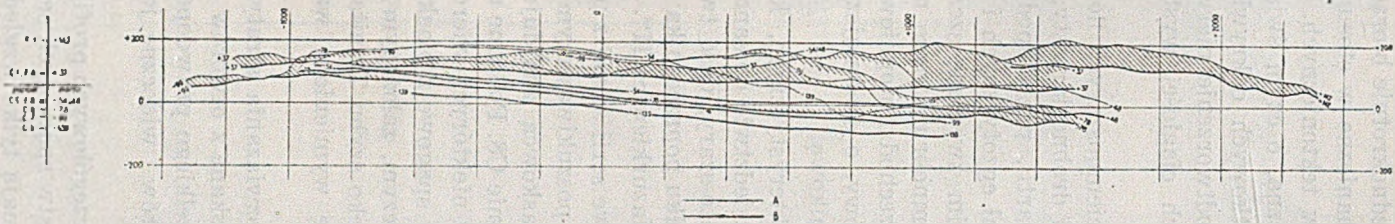


Fig. 4

Plan poziomy złoże solnego Bochni

A — północna granica złoże; B — południowa granica złoże.

rakterze petrograficznym, które nie są wtrąceniami fliszowymi, jakby to można było przypuszczać niejednokrotnie biorąc pod uwagę tylko ich kontrastowe zachowanie się mechaniczne w stosunku do macierzystych ilów miocenijskich w czasie ruchów tektonicznych. Są one związane z tymi ilami kolejnością stratygraficzną, o czym świadczą utwory przejściowe, widoczne w niektórych wyjątkowych odkrywkach. Ścisłe ustalenie ich położenia stratygraficznego, odtworzenie pierwotnej miąższości, jak też konsekwentne stwierdzenie ich ciągłości występowania jest utrudnione zaburzeniami tektonicznymi.

Takim utworem pośród ciemnoszarych ilów spągowych jest szary piaskowiec marglisty, na ogół drobnoziarnisty, zawierający obficie mąkę muskowitzową. W pewnej partii, prawdopodobnie niższej, zawiera on drobne otoczaki i okruchy skał egzotycznych i nosi charakter na pół zlepieńcowy. Trafiają się w nim zwęglone szczątki roślinne. Miejscami zawiera cienkie przerosty ciemnobrunatnego marglu mikowego o łupkowości księgowej. Osad ten przechodzi stopniowo, prawdopodobnie ku górze, w podobny utwór margłowy, o drobniejszym ziarnie, tj. w łupkowy mułowiec marglisty z mąką mikową.

Drugim utworem charakterystycznym, który znajduje się pośród ilów spągowych, w bliskim sąsiedztwie opisanego piaskowca i ponad nim jest łupek margłowy, popielato-szary, dość twardy. Grubszy pokład takiego łupku odsłonięto w przodku poprzecznika (+) 1055, na poziomie C6, przy podziemnym szybiku „Mazurkiewicz II“.

W kopalni utwory spągowe serii solnej z piaskowcem marglistym zostały przebite chodnikiem poszukiwawczym (+) 85, na poziomie C9. Mniejsza odkrywka tegoż piaskowca znajduje się w południowym poprzeczniku (+) 145, na poziomie C8. Podobne utwory spągowe z piaskowcem marglistym napotkano w niektórych wierceniach podziemnych.

W okolicy Bochni utwory spągowe z piaskowcem marglistym zostały odkryte w rowie poszukiwawczym, założonym na prawym zboczu doliny Potoku Chodenickiego, niedaleko szybu Trinitatis (fig. 5, profil — 900). Rów ten przeciął poprzecznie wymienione warstwy, bardzo tu stromo ułożone.

Wielkie znaczenie dla rozwiązania stratygrafii warstw spągowych serii solnej mają rdzenie uzyskane z otworów „Bochnia 3“ i „Bochnia 4“ na Uzborni, gdyż według wszelkiego prawdopodobieństwa na niektórych odcinkach profili tych otworów widoczne jest normalne następstwo warstw.

W wyniku zestawienia szczegółowych profili szeregu odkrywek i wierceń ustalono stratygrafię warstw spągowych serii solnej. Jest rzeczą oczywistą, że podane miąższości mają tylko względne, orientacyjne znaczenie



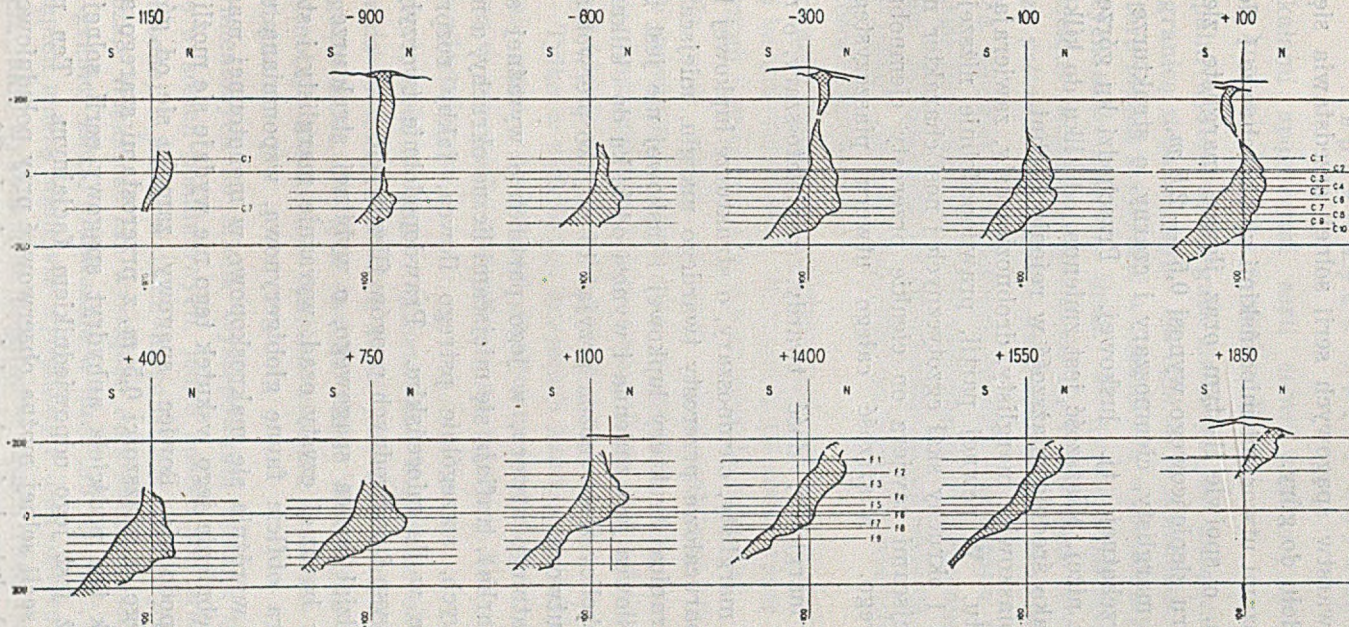


Fig. 5

Przekroje złoże solnego Bochni

wobec wymienionych nieprawidłowości w przestrzennym wykształceniu warstw i późniejszych zmian natury tektonicznej.

Kolejność warstw spągowych serii solnej przedstawia się następująco, licząc od dołu do góry.

1. Najniższymi utworami miocenijskimi są okruchowce i zlepieniece ze skał fliszowych, o spoiwie ilastym oraz ilowce margliste, zlepieńcowe. Miąższość utworu zlepieńcowego wynosi 0,5 — 2,5 m.

2. Iłowce marglisty, ciemnoszary i czarny, o strukturze łupkowej lub falisto przekątnej, tj. łuskowej. Przechodzi ku górze w utwór piaszczysty, jak niżej. Miąższość jest zmienna, od kilku do kilkunastu m. Przyjęto 7 m jako średnią miąższość w rejonie Bochni.

3. Szary piaskowiec marglisty, drobnoziarnisty, zawierający obficie mąkę muskowitu. W pewnej partii, prawdopodobnie niższej, zawiera drobne otoczaki i okruchy skał egzotycznych i nosi charakter na pół zlepieńcowy. Miejscami zawiera on cienkie przerosty ciemnobrunatnego marglu mikowego. Miąższość całego utworu piaszczystego wynosi średnio 5 m.

4. Łupek marglowy, dość twardy, popielato-szary, o miąższości 2 — 4 m.

5. Iłowce marglisty, ciemnoszary, o strukturze łupkowej lub łuskowej. Zawiera parucalowe przerosty twardego marglu, miejscami krzemionkowego. Granica struktury łupkowej i łuskowej nie jest uchwytna. Miąższość tego ilowca jest zmienna i wynosi od kilku do kilkunastu m. W najbliższej okolicy złoża można przyjąć 15 m jako pierwotną, średnią miąższość tego utworu.

Pośród ostatniego utworu, w jego partiach o wyraźnej strukturze łuskowej (mydlarka), trafiają się miejscami liczne okruchy, a nawet płyty skał fliszowych, szczególnie pstrego ilowca, jakby rozproszony sedymentacyjnie w ile miocenijskim. Prawdopodobnie tworzyły się one w sąsiedztwie wysp i podwodnych progów fliszowych.

Pewien oddział ilowca spągowego, o wybitnej strukturze łuskowej, przedstawiający bardziej czysty osad, wyraźnie marglisty i stosunkowo miększy, zawiera obficie faunę globigerynową, wspomnianą uprzednio. Oddział ten nie wyróżnia się makroskopowo w monotonnej masie całego utworu i wyodrębnienie jego wskutek tego nie wydaje się możliwe.

6. Prawdopodobnie ilowce spągowe zamyka się od góry ławicą łupku marglowego, o miąższości 0,5 m, z przerostami szarego anhydrytu ilastego. Łupek ten podściela anhydryt spągowy serii solnej, opisany poniżej, lub też jest jego odpowiednikiem facjalnym. Ten najwyższy utwór spągowy serii solnej można obserwować przy południowej granicy złoża, np. w zachodnim końcu kopalni, na poziomie C6.

## Występowanie metanu w utworach spągowych serii solnej

Ze skałami spągowymi serii solnej wiąże się występowanie gazu ziemnego w kopalni, jak też i w okolicy Bochni.

W kopalni występowanie gazu ziemnego jest związane głównie z południową granicą złoża solnego. Na ogół są to niewielkie wydzielania się metanu, które można stwierdzić w niektórych wyrobiskach i wierceniach, naruszających skały spągowe złoża. W wyrobiskach słabo przewietrzanych wydzielony ze skał gaz gromadzi się w wyrwach stropowych (dzwonach), przy południowej granicy, tworząc wtórne, mniejsze zbiorniki.

Miejsca występowania metanu bywały zauważane w przypadkach nieostrożnego jego zapalenia lub wyraźnego stwierdzenia w lampie bezpieczeństwa. Natomiast wiele miejsc słabego wydzielania się metanu musiało ująć uwagi górnika wskutek znacznego rozcieńczenia w pobliżu prądu świeżego powietrza.

Obserwacje i pomiary występowania metanu w różnych miejscach kopalni są bardzo utrudnione ze względu na zmieniającą się sytuację robót górniczych i zmienny stan przewietrzania wyrobisk.

Na ogół metan wydziela się w mniejszej ilości z drobnych szczelin w pewnych partiach skał spągowych. Odgazowanie tych skał odbywa się stopniowo w miarę rozluźniania ich robotami górniczymi. Jest to wydzielanie się gazu ciągle, długotrwałe, lecz na ogół zanikające z czasem. Tylko w niektórych miejscach zauważono jakby okresowe pojawienie się gazu. Natomiast gwałtowniejsze objawy wydzielania się stwierdzono w przypadku natrafienia na zbiornik lub strefę gazonośną w otworze wiertniczym.

W okresie 1900 — 1945 r. zanotowano w kopalni około 30 punktów występowania metanu, z których część jest dziś niedostępna, część zaś uległa odgazowaniu. W tym samym czasie statystyka nieszczęśliwych wypadków notuje kilkanaście oparzeń wskutek zapalenia metanu, w tym dwa śmiertelne.

Z wymienionych 30 miejsc występowania metanu tylko trzy znajdowały się w solach południowych, jedno pośród soli środkowych, jedno w soli północnej i jedno w ilach marglistych, łupkowych, po północnej stronie złoża. Większość zaś wystąpień dała się umiejscowić wzdłuż południowej granicy złoża, przeważnie w ilach „mydlarka“. Do tych ostatnich wystąpień należą silniejsze wydmuchy z 3-ch otworów wiertniczych, badawczych, jakie wykonano w kopalni w latach 1940 — 1944. Były to wiercenia poziome, zakładane ze złoża w kierunku południowym. Po na-

wierceniach skał spągowych gaz uchodził pod ciśnieniem kilku atmosfer, w sposób dosłyszalny w okresie do 2-ch dni.

Co się tyczy wyjątkowego napotkania gazu pośród ilów marglistych, łupkowych, po północnej stronie złoża, to według zachowanego protokołu Okręgowego Urzędu Górniczego wydarzenie to przedstawiało się następująco:

W dniu 18 lipca 1906 r., na poziomie C6, w czasie pędzenia poprzeczniaka z podłużni na północ, do szybu Sutoris, w momencie strzelania w przodku chodnika, wskutek nagłego wydzielenia się gazu nastąpiła eksplozja. Gaz ten, wychodząc 3-ma szczelinami pod ciśnieniem kilkunastu atmosfer, palił się niebieskawym płomieniem blisko przez dwie doby.

W dniu 20 czerwca 1949 r., w czasie pędzenia południowego chodnika poszukiwawczego (+) 85, na poziomie C9, w skałach spągowych serii solnej zdarzył się nadzwyczaj silny i katastrofalny wybuch metanu, którego ofiarą padło paru górników. Wypadek ten, wyjątkowy w kopalni soli, zapewne będzie przedmiotem osobnego artykułu górniczego. W niniejszej pracy ważny jest z punktu widzenia geologicznego fakt, jaki ujawnił się w czasie wybuchu, mianowicie, że główną skałą gazonośną, stanowiącą dobry zbiornik, jest porowaty piaskowiec marglisty zamknięty pomiędzy ilowcami spągowymi.

Występowanie gazu ziemnego w okolicy Bochni zostało stwierdzone m. in. w otworach wiertniczych w Łazach i w Łapczycy.

W otworze wiertniczym „Łazy 1“, w czasie wiercenia w ilach łupkowych, na głębokości od 70 do 150 m zdarzały się parokrotnie wybuchy gazu palnego, mającego silny zapach przypominający siarkowodór.

W otworze wiertniczym „Łapczyca 1“ w czasie wiercenia w ilach marglistych, łuskowych (mydlarka), wraz z okruciami skał fliszowych z głębokości 150 — 160 m uzyskano silniejszy wydmuch gazu, który uchodził głośno przez kilka godzin. Zjawisko to powtarzało się parokrotnie, lecz w słabym stopniu, aż do głębokości około 200 m.

W obszarze na zachód od Bochni, w obrębie wsi Łapczyca, Siedlec i Moszczenica znane jest miejscowej ludności występowanie gazu ziemnego, który zapalano niejednokrotnie.

### Seria solna

Ułożenie stratygrafii serii solnej napotyka nadzwyczajne trudności. Pochodzą one stąd, że warstwy serii solnej wewnątrz złoża uległy o wiele intensywniejszym zaburzeniom aniżeli całość złoża w stosunku do skał otaczających. Zaburzenia te zostaną przedstawione bardziej szczegółowo

w rozdziale poświęconym tektonice wewnętrznej złoża. Dla zrozumienia jednak trudności w rozwiązywaniu stratygrafii złoża trzeba uwzględnić pokrótce rodzaj tych zaburzeń. Są to sfałdowania o stosunkowo wysokiej amplitudzie, połączone z wygnieceniami skrzydeł fałdów oraz z częściowymi nasunięciami tego rodzaju, że tworzą łuski. Stąd pochodzi parokrotne, asymetryczne powtarzanie się tych samych warstw w przekrojach złoża. Przy tym kolejność następstwa została zawikłana swoistym, plastycznym zachowaniem się mas solnych w czasie ruchów górotwórczych, w przeciwstawieniu do towarzyszących soli bardziej sztywnych skał płonnych, które miejscami uległy rozbiciu tektonicznemu. Niezależnie od zawikłań natury tektonicznej odtworzenie pierwotnej stratygrafii serii solnej jest utrudnione przez to, że różne człony tej serii są wykształcone petrograficznie w bardzo podobny sposób i makroskopowe odróżnienie ich bywa trudne. Wreszcie niedostateczna ilość odsłoneń w kopalni i nieciągłość obserwacji komplikuje badanie następstwa warstw.

**A n h y d r y t s p ą g o w y.** Najniższym utworem serii solnej jest anhydryt, którego pozycję stratygraficzną udało się z trudem ustalić na podstawie fragmentarycznych występowań przy południowej granicy złoża. Jest to anhydryt po części ilasty, o teksturze zbitej lub drobnoziarnistej, szary. Poprzez anhydryt więcej ilasty przechodzi on w iłowiec, pośród którego leży. Wskutek zaburzeń tektonicznych zachował się tylko fragmentarycznie w postaci oddzielnych brył (porwaków) wgniecionych w przyległe utwory iłowe, tj. w iłowiec spągowy lub w nadległy ił solny, tzw. zuber dolny, opisany poniżej. W pierwotnej pozycji leżał on w warstwie o miąższości 0,3 — 0,5 m, w postaci dużych, płaskich konkrecji o pokroju owalnym, tj. w formie bochnów, przypominających sferosyde-ryty. Nazwano go anhydrytem spągowym serii solnej Bochni. Porwaki zwięzłego anhydrytu spągowego obserwuje się w niektórych miejscach złoża, np. w zachodniej części poziomu C7, pośród zubru dolnego.

Niższe utwory serii solnej tworzyły się w środowisku iłowym, tzn. przy równoczesnym obfitym osadzaniu się ładu.

**Z u b e r d o l n y i s o l e p o ł u d n i o w e.** Nad anhydrytem spągowym leży ił solny o miąższości 3 — 5 m. Jest to ciemnoszary ił marglisty, nieuwarstwiony, usiany ziarnami soli, wykształconymi dobrze, w postaci kryształów o krawędzi 5 mm. Zagęszczenie ziarn soli zmienia się tak, że obserwujemy przejścia od czystego niemal ładu do litej soli ilastej, gruboziarnistej, która tworzy przerosty o miąższości 0,2 — 0,5 m. Sól ta zawiera drobne konkrecje anhydrytu w postaci krup. Tego rodzaju utwór mieszany, ילו-solny, nieuwarstwiony nazywa się zubrem. Bliższe uwagi o tym oryginalnym utworze podano w rozdziale

poświęconym sedymentacji. W odróżnieniu od podobnego utworu, leżącego powyżej, nazwano go zubrem dolnym.

Zuber dolny zamyka się od góry grubszą warstwą soli o miąższości 2 — 4 m, która jest zróżnicowana teksturalnie i strukturalnie na kilka odmian, występujących w kilku warstwach. Przeważa tu jednak szara sól średnio- i gruboziarnista, wykształcona nierównomiernie, stosunkowo czysta, tj. jadalna. Bardzo znamienne wykształcenie ziarn tej soli polega na tym, że masa soli średnio- lub gruboziarnistej jest usiana grubszym ziarnem w taki sposób, że przypomina teksturę porfirową skał ogniwych w powiększeniu. Opisywana sól, w partii najczystszej, białawej, jest smugowana nieostro calowymi warstwami szarej barwy.

Inne odmiany teksturalne soli opisywanego pakietu występują w nieznacznej miąższości. Tu należy np. warstwa około 0.2 m miąższości soli drobnoziarnistej, szarej, o czarnym refleksie.

Wskutek zaburzeń tektonicznych sole opisywanego pakietu utworzyły miejscami większe skupienia, szczególnie przy południowej granicy złoża, gdzie są przedmiotem eksploatacji. Dlatego też nazywa się je w kopalni solami południowymi.

W zubrze dolnym, w jego soli ilastej, jak też w litej masie soli zamykającej ten utwór od góry, trafiają się rzadko drobne okruchy i otoczaki skał egzotycznych, fliszowych, które można zauważyć łatwiej w urabianej soli aniżeli w ile zubrowym. Wyjątkowo znajduje się tu także większe okazy egzotyczne. Do takich należał otoczek twardego piaskowca drobnoziarnistego w kształcie kuli o średnicy 0,5 m, jaki wydobyto z soli w zachodniej części złoża, na poziomie C6.

W eksploatowanej soli tego poziomu znajdują się również szczątki organiczne w postaci okruchów i większych kawałków lignitu oraz dobrze zachowanych okazów koralu *Caryophyllia salinaria* Reuss.

Sól ilasta tego poziomu wydaje przy rozbijaniu słaby zapach bitumiczny.

Dolny utwór zubrowy wraz z nadległymi solami tego poziomu uległ szczególnie silnym zaburzeniom tektonicznym, które spowodowały częściowo jego rozbitcie, aż do stanu grubego druzgotu. W czasie fałdowania i odkłuwania się tych najniższych warstw solnych od podłoża zostały spiętrzone utwory spągowe serii solnej i wciągnięte do fałdów wewnętrznych złoża. W ten sposób spągowy iłowiec łuskowy (mydlarka) w postaci dużych porwaków dostał się do zubru. Dlatego też w odkrywkach kopalnianych zuber dolny przedstawia się jako gruby druzgot z wtrąceniami bezsolnego ładu łuskowego, pocięty żyłami soli w różnych kierunkach. Jest to utwór bardzo znamieny dzięki swej strukturze i rzucający się w oczy.

**I ł o w i e c ł u p k o w y.** W stropie pakietu soli południowych, zamykających zuber dolny, znajdują się utwory bezsolne, płonne. Jest to najpierw iłowiec marglisty, chudy, ciemnoszary, łupkowy, w wyraźnych decymetrowych warstwach, z pyłem kwarcowym w płaszczyznach łupliwości. W prawidłowych odstępach zawiera on cienkie warstwy mułowe, jaśniej szare i dlatego ma wygląd nieznacznie pasiasty. Miąższość tego utworu wynosi 4 — 5 *m*.

**I ł o w i e c a n h y d r y t o w y.** Następnym wyższym utworem płonnym jest ił marglisty, chudy, po części mułowy, szary, wyraźnie uwarstwiony naprzemianlegle z anhydrytem zbitym, niebieskim. Grubość poszczególnych warstw ładu i anhydrytu wynosi 3 — 8 *cm*. ılı jest niewyraźnie pasiasty, jako złożony z cieńszych warstw ciemnoszarych i jaśniejszych, żółtawo-szarych. Anhydryt występuje albo w postaci konkrecji, ułożonych warstwami, albo też w swoistej postaci tzw. trzewiowca (fot. 1), w mniejszym zaś stopniu w postaci ciągłych warstewek. W partiach zdyslokowanych obserwuje się żyły anhydrytu przecinające w poprzek ten utwór uwarstwiony. Miąższość całego utworu iłowo-anhydrytowego wynosi 5 — 7 *m*.

**Z u b e r g ó r n y.** Następnym, wyższym członem stratygraficznym serii solnej jest ılı marglisty, ciemnoszary, na ogół nieuwarstwiony, usiany ziarnami soli o krawędzi 10 — 30 *mm* oraz bryłkami takiejże soli w formie rozkruszu, jakby powstałego z rozbicia większych brył. Istotnie, w masie opisywanego utworu znajdują się rzadko większe bryły takiej soli „kryształowej“, o kubaturze do paru metrów sześciennych, które powstały przez rozbicie jeszcze większych ciał solnych. Prawdopodobnie w pierwotnym ułożeniu, przed rozbiciem tektonicznym, były to nieciągle skupienia soli kryształowej w postaci soczewkowatych gniazd.

Opisywany utwór w najniższej części, w mniejszym zaś stopniu w części najwyższej, zawiera anhydryt w małej ilości w postaci drobnych, kulistych konkrecji, czyli gron. Zatem jest to typowy zuber, który dla odróżnienia od podobnego utworu, opisanego powyżej, nazwano zubrem górnym.

W pierwotnym ułożeniu zuber górny w swej wyższej części zawierał parę nieregularnych przerostów soli ilastej, gruboziarnistej o miąższości do 0,5 *m* oraz jedną grubszą warstwę tejże soli o miąższości 3 — 4 *m*. Jest to szara sól gruboziarnista (5 — 8 *mm*), dość jednolita teksturalnie, zanieczyszczona w nieznacznym stopniu ıłem, jadalna. Swoim wyglądem przypomina tzw. sól zieloną ze złoža Wieliczki.

Miąższość całego zubru górnego, wraz z warstwami soli, wynosi 10 — 12 *m*.

Wskutek ruchów tektonicznych warstwy soli w zubrze górnym uległy rozbiciu na poszczególne bloki i mniejsze bryły. Nie jest niemożliwe, że pierwsze spękanie i skruszenie warstw soli w zubrze nastąpiło w czasie trwania sedymentacji chemicznej wyższych warstw serii solnej. Główne jednak zaburzenie, polegające na zmięciu całego zubru i skruszeniu zawartych w nim warstw soli, nastąpiło znacznie później, w czasie ruchów tektonicznych, które objęły całą formację solonośną. W rezultacie, w odsłonięciach kopalnianych zuber górny przedstawia się jako bezładna masa łu solnego z mniejszymi i większymi bryłami soli „zielonej“, a tu i ówdzie także soli kryształowej, poczynając od wielkości głowy, aż do brył o objętości kilku metrów sześciennych. W porównaniu z ciałami soli zielonej w Wieliczce są to zbyt małe skupienia soli jadalnej, aby nadawały się do eksploatacji. Jedynie w wyjątkowych przypadkach zachowały się bryły o większej objętości, do kilkudziesięciu metrów sześciennych, które próbowano eksploatować. Takie wyjątkowe bryły soli „zielonej“ w zubrze znajdują się np. w poprzeczniku (—) 300 na poziomie C8 i w poprzeczniku (+) 420, na międzypoziomie C5/6 (fig. 6).

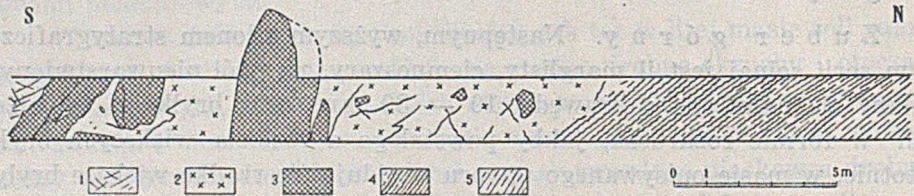


Fig. 6

Bryły soli „zielonej“ w zubrze w południowym poprzeczniku (+) 420, na międzypoziomie C5/6

1 — il spągowy „mydlarka“; 2 — zuber; 3 — sól; 4 — łuwiec anhydrytowy; 5 — łuwiec łupkowy.

Pozycja grubego pokładu soli zielonej w zubrze górnym została ustalona w przybliżeniu na podstawie względnego rozmieszczenia brył soli w pełnych przekrojach złoża.

Całość zubru górnego przedstawia się jako utwór silnie zmięty i poważnie rozbity tektonicznie aż do stanu grubego druzgocę, z mnóstwem małych dyslokacji i szczelin, wypełnionych wtórnie solą białą o teksturze włóknistej.

W partiach złoża, gdzie wskutek zaburzeń tektonicznych doszło do anormalnego kontaktu i zazębienia się zubru dolnego i górnego, w zubrze górnym spotyka się także wtrącenia łowca spągowego serii solnej.

Podobnie jak w zubrze dolnym, tak i w zubrze górnym znajdują się wyjątkowe, drobne okruchy twardych skał egzotycznych.



Zuber dolny i górny są nazywane obrazowo przez górników łałami ślepiatymi.

Łupek iłowo-anhydrytowy. Następny człon stratygraficzny, który spoczywa na zubrzu górnym, jest wykształcony prawidłowo jako łupek iłowo-anhydrytowy o znacznej miąższości 15 — 25 m. Łupek ten składa się z naprzemianległych, cienkich warstw ciemnoszarego iłu marglistego i szarego anhydrytu zbitego, po części ilastego. Zwykła grubość poszczególnych warstw iłu wynosi 2 — 5 cm, w pewnej zaś partii, o małej ilości anhydrytu, dochodzi do 10 cm. Anhydryt występuje w postaci ciągłych warstw, o' zwykłej grubości 0,5 — 5,0 cm, łamiących się ostro na płytki. W niektórych warstwach płyty anhydrytowe osiągają grubość do 10 cm. Znamienne są warstewki anhydrytu prążkowego.

Opisany łupek iłowo-anhydrytowy w pewnej partii zawiera warstwy soli, których pozycja w szczegółowym profilu przedstawia się następująco, licząc od dołu do góry:

Miąższość                      Opis utworów  
w m

- 0,6 — 1,4 Il marglisty, ciemnoszary, uwarstwiony naprzemianlegle z anhydrytem. Strukturalnie przedstawia się podobnie, jak utwór iłowo-anhydrytowy, leżący w spągu zubru górnego. Stanowi łagodne przejście sedymentacyjne od zubru górnego do nadległego utworu łupkowego.
- 0,5 — 1,0 Pokład soli czystej, gruboziarnistej, wykształconej równomiernie w postaci kryształów, o krawędzi około 10 mm. Sól tę nazwano kryształową.
- 0,3 — 0,7 Łupek iłowo-anhydrytowy, cienkowarstwowy.
- Ok. 0,2 Sól kryształowa j. w.
- 0,3 — 0,7 Łupek iłowo-anhydrytowy, cienkowarstwowy.
- 0,7 — 1,3 Pokład soli kryształowej, j. w. Pokład ten został przeważnie wyeksploatowany.
- 10,0 — 20,0 Łupek iłowo-anhydrytowy, o stosunku iłu do anhydrytu zmieniającym się stopniowo w poszczególnych partiach profilu. W partii o najmniejszej ilości anhydrytu zaznacza się ostro decymetrowe uwarstwienie iłu. W najwyższej części występuje łupek cienkowarstwowy, w ławicy około 0,3 mm miąższości.
- Około 0,2 Sól kryształowa j. w.
- „ 0,4 Łupek iłowo-anhydrytowy, o grubości warstewek 0,5 — 1,0 mm, prążkowy.

Łupek iłowo-anhydrytowy nie wchodzi do budowy złoża solnego w całej swej miąższości. Jako utwór sztywny, najmniej podatny na elastyczne fałdowanie ze wszystkich składników stratygraficznych serii solnej, w czasie ruchów tektonicznych i formowania się złoża solnego uległ on tego rodzaju zaburzeniom, że na wysokości złoża występuje fragmenta-

rycznie, w miąższości zredukowanej tektonicznie do około  $1/10$ . Tak np. w południowej części złoża, w przekroju (+) 100, występują jedynie porozrywane i sprasowane płyty łupku anhydrytowego z solami kryształowymi. Natomiast w najniższej części złoża, w jego ostatnich, wschodnich przekrojach, np. (+) 1100 i (+) 1400, znajduje się łupek ilowo-anhydrytowy niemal w pierwotnej miąższości, w postaci wielkich kier łuskowych.

**Sole środkowe.** Na łupku ilowo-anhydrytowym leży zespół warstw solnych, które stanowią największe bogactwo górnicze Bochni. Sole te znajdują się przeważnie w środkowej części złoża, jak to jest widoczne z przekrojów i dlatego nazywa się je w kopalni solami środkowymi. Pierwotna miąższość i szczegółowe następstwo różnych warstw soli w tym zespole jest najtrudniejsze do określenia, gdyż sole te uległy najsilniejszemu odkłuciu i zawikłaniu w ułożeniu. Nie znamy takiej części złoża i odkrywek w kopalni, gdzie można by sprawdzić i upewnić się co do przypuszczalnej, pierwotnej kolejności i miąższości poszczególnych warstw. Zjawiska bowiem przemieszczenia i wszelkich plastycznych zniekształceń wyraziły się najsilniej w masie soli środkowych. Są to sole przeważnie średnioziarniste, jadalne, szare, z cienkimi warstwami soli białej. Najwięcej znamionną solą tego zespołu, rzucającą się w oczy swoimi przymiotami strukturalnymi, jest tzw. sól pasiasta, złożona z naprzemianległych, centymetrowych warstw soli białej i szarej. Wskutek drobnego sfałdowania dygitycyjnego tej soli obserwujemy na ścianach wyrobisk interesujące struktury drzewiaste (fladrowe) z mnóstwem ostrych fałdów (fot. 2). Sól pasiasta stanowi główną masę eksploatawanego zespołu soli środkowych.

W najniższej partii soli środkowych znajduje się warstwa soli z przerostami anhydrytu, który wyróżnia się strukturalnie. Jest to anhydryt po części ilowy, szary, występujący w postaci warstw 1 — 8 cm grubości, o strukturze bardzo cienko warstwowej, czyli księgowej. Warstwy tego anhydrytu uległy początkowo drobnemu, intensywnemu sfałdowaniu, a następnie porozrywaniu w masie soli przemieszczanej plastycznie. Fałdowe fragmenty anhydrytowego łupku księgowego są najbardziej znamienne dla pewnego członu soli środkowych, obok opisanej soli pasiastej.

Trzecim mniejszym członem soli środkowych, łatwym do makroskopowego wyróżnienia, jest warstwa czystszej soli jadalnej, o znamiennej, nierównej strukturze. Jest to sól średnio- i gruboziarnista z pojedynczymi całowymi kryształami soli. Pierwotna miąższość tej warstwy nie przekraczała 0,5 m.

Prawdopodobnie w najwyższej części soli środkowych zjawiają się cienkie wkładki anhydrytowego łupku księgowego i przerosty ładu z anhydrytem trzewiowcowym.

Pierwotna miąższość zespołu soli środkowych wynosiła w przybliżeniu 8 — 12 *m*.

**I ł o w i e c a n h y d r y t o w y.** Na solach środkowych leży znów utwór anhydrytowo-iłowy o miąższości 7 — 9 *m*. Jest to ciemnoszary iłowiec marglisty, łupkowy, z naprzemianległymi, cieńszymi warstwami anhydrytu. Ił przeważa ilościowo parokrotnie nad anhydrytem. W pewnym poziomie występuje ławica samego iłowca łupkowego o miąższości około 2 *m*. Warstwy iłowca są niewyraźnie pasiaste wskutek zróżnicowania szarej barwy na jaśniejszą i ciemniejszą. W partiach zwietrzałych obserwujemy zabarwienie brunatne. W dolnej i środkowej części tego utworu anhydryt występuje w odmianie zbitej, szarej, w postaci ciągłych warstewek prążkowanych o grubości 1 — 3 *cm*. W górnej części anhydryt występuje w postaci cieńszego lub grubszego trzewiowca. W najwyższej części zjawiają się także pojedyncze calowe przerosty soli, które przyczyniły się do odkłucia tej części opisywanego utworu anhydrytowo-iłowego.

**S o l e p ó ł n o c n e.** Ponad powyższym utworem anhydrytowo-iłowym znajduje się zespół cieńszych warstw solnych, z naprzemianległymi warstwami iłu z anhydrytem. Ciągłą się one nieprzerwanie wzdłuż północnej powierzchni granicznej złoża i dlatego nazwano je ogólnie solami północnymi. Wskutek zakłóceń tektonicznych zjawiają się one także w środkowej części złoża, jak to jest widoczne na szczegółowych przekrojach. Są to sole przeważnie drobnoziarniste (około 1 *mm*), występujące w warstwach miąższości 0,1 — 1,0 *m*, zanieczyszczone w różnym stopniu iłem i anhydrytem. Pośród nich znamienne są warstwy soli ilastej, przekłanej w uwarstwieniu anhydrytem w postaci węzowatych przerostów, gron i krup. W zespole tym znajdują się również cienkie warstwy czystej soli. Taki jest najwyższy pokład niemal białej soli o miąższości do 1,0 *m*. Naprzemianległe z solami warstwy iłu z anhydrytem mają mniej więcej tego samego rzędu miąższość co warstwy soli, tj. 0,1 — 1,0 *m*. Miąższość całego zespołu soli północnych wynosi 8 — 10 *m*.

Sole północne, jako naprzemianległy zespół cieńszych warstw soli oraz iłu i anhydrytu, uległy w czasie ruchów tektonicznych swoistym zaburzeniom wewnętrznym. Dlatego wyróżniają się one stylem tektoniki wewnętrznej (fot. 3 i fig. 7).

**I ł o w i e c ł u p k o w y.** Na solach północnych leży warstwa iłowca marglistego, łupkowego, ciemnoszarego, o uwarstwieniu decymetrowym i o całkowitej miąższości 2 — 3 *m*.

**A n h y d r y t s t r o p o w y.** Ostatnim, najwyższym członem stratygraficznym serii solnej jest łupek iłowo-anhydrytowy, występujący w pokładzie o miąższości 2 — 3 *m*. Składa się on z naprzemianległych, calowych warstw ciemnoszarego iłowca marglistego i anhydrytu, przeważnie płyt-

kowego, szarego, prążkowego w niektórych warstwach. W pewnych częściach złoża anhydryt ten jest wykształcony w postaci trzewiowca lub warstw konkrecyjnych. Anhydryt przeważa ilościowo nad ılem. Ten pokład ılowo-anhydrytowy nazwano anhydrytem stropowym serii solnej Bochni. Zamyka on od góry serię solną Bochni.

Pokład anhydrytu stropowego stanowi północną granicę złoża solnego. Można prześledzić go konsekwentnie w poszczególnych przekrojach złoża.

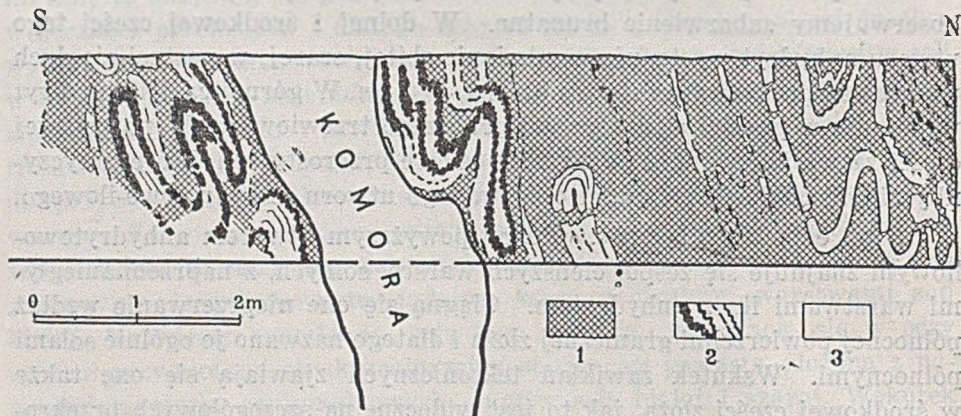


Fig. 7

Charakterystyczne szczegóły tektoniczne w solach północnych w przekroju (—) 670, na poziomie C6

1 — sól; 2 — anhydryt; 3 — ılowiec.

Skały przylegające do złoża solnego Bochni od strony północnej są wyraźnie związane z serią solną normalną kolejnością sedimentacji. Jest to monotony zespół warstw chodenickich, który przebito chodnikami poprzecznymi do głębokości przeszło 100 m na północ od złoża.

Zespół warstw chodenickich, w oddziale przylegającym zgodnie do złoża solnego, przedstawia się jako ciemnoszare ıły margliste, łupkowe, wyraźnie ułożone w decymetrowych warstwach, z pyłem kwarcowym w płaszczyznach uwarstwienia i z centymetrowymi wkładkami drobnego piasku. Cienkie, nieznaczne wkładki piasku są powodem przepuszczalności dla wody. Te ıły łupkowe zawierają również rzadko rozmieszczone, parocalowe przerosty marglu krzemionkowego i syderyticznego. Przy wietrzeniu brunatnieją i rozsypują się liściasto.

Stratygrafia serii solnej w normalnej kolejności warstw przedstawia się następująco:

## Miażdżość                      O p i s u t w o r ó w

w m

- 0,3—0,5 Anhydryt spagowy, tj. anhydryt ilasty, szary, o teksturze zbitej lub drobnoziarnistej, występujący w postaci bochnów, ułożonych w jednej warstwie. Nazwano go anhydrytem spagowym serii solnej Bochni.
- 3 — 5 Zuber dolny, tj. il marglisty, ciemnoszary, na ogół nieuwarstwiony, usiany pojedynczymi kryształkami i gniazdkami soli gruboziarnistej (5 mm). Zagęszczenie ziarn soli jest zmienne i na ogół wzrasta ku górze.
- 2 — 4 Kompleks soli południowych, w których przeważa sól czystsza, jadalna, barwy szarej i białawej. Jest to sól o zmiennej teksturze, tj. średnio- i gruboziarnista, wykształcona nierównomiernie, w sposób przypominający teksturę porfirową skał ogniwych. Wskutek zaburzeń tektonicznych sól ta została odkluta od masy ilu solnego tak, że utworzyła miejscami większe skupienia, nadające się do eksploatacji, szczególnie przy południowej granicy złoża. Dlatego nazwano ją solą południową. Natomiast il solny uległ silnemu zmięciu aż do stanu grubego druzgotu i został pocięty wtórnie żyłami soli włóknistej.
- 4 — 5 Ilowiec marglisty, po części mułowy, ciemnoszary, uwarstwiony wyraźnie decymetrowo, łupkowy.
- 5 — 7 Ilowiec anhydrytowy, jako „przekładaniec“, złożony z naprzemianległych cienkich warstw (5 — 10 cm) ilu marglistego, po części mułowego, szarego i anhydrytu konkrecyjowego lub w postaci „trzewiowca“.
- 10—12 Zuber górny, tj. il marglisty, ciemnoszary, na ogół nieuwarstwiony, zawierający ziarna i grudki soli gruboziarnistej. Występują w nim gniazda soli kryształowej o wymiarze kostek 10 — 30 mm. Ponadto zawiera on anhydryt w małej ilości, w postaci drobnych kulistych konkrecji, czyli gron, szczególnie w najniższej partii, ewentualnie także w najwyższej. W pierwotnym ułożeniu zuber górny, w swej wyższej partii zawierał pokład soli gruboziarnistej (5 — 8 mm), jadalnej, szarej, o miażdżości 3 — 5 m, tzw. soli zielonej. Wskutek zaburzeń tektonicznych pokład soli zielonej i gniazda soli kryształowej uległy zupełnemu rozbiciu na mniejsze lub większe bryły, całość zaś zubru górnego została silnie zmięta i poprzecinana wtórnie żyłami soli włóknistej.
- 15—25 Łupek ilowo-anhydrytowy, złożony z naprzemianległych, całowych warstw ilu marglistego, ciemnoszarego anhydrytu zbitego, szarego, w postaci ciągłych warstewek (płytek). Stosunek ilu do anhydrytu zmienia się stopniowo w profilu pionowym. W najniższej partii (3,0—5,0 m), zawiera kilka cieńszych pokładów (0,2 — 1,3 m) soli czystej gruboziarnistej (10 mm), tzw. kryształowej. W swej najwyższej partii (około 1,0 m) jest on wykształcony częściowo w postaci anhydrytu księgowego i zawiera również cienki pokład (0,2 m) soli kryształowej.
- 8 — 12 Kompleks soli środkowych, złożony z kilku warstw solnych, zróżnicowanych teksturalnie i strukturalnie i zanieczyszczonych w mniejszym stopniu tylko w niektórych poziomach. W zespole tym wyróżniają się następujące sole:
- Najwięcej zmienna i najgrubsza jest warstwa soli średnioziarnistej, stosunkowo czystej jadalnej, która składa się z naprzemianległych, centymetrowych warstewek, o kontrastowo odmiennej barwie, białej i szarej. Jest to tzw. sól pasiasta, tworząca największe skupienia solne w złożu Bochni i eksploatowana w największym stopniu.

Drugim znamienym członem soli środkowych jest sól średnioziarnista, uwarstwiona niewyraźnie, cienko, z całowymi przerostami anhydrytu ilastego, szarego, w postaci twardego łupku o milimetrowym uwarstwieniu, tj. o strukturze księgowej. Jest to tzw. sól z przerostami anhydrytu księgowego.

Trzecim członem soli środkowych jest sól czysta, jadalna, o nierównej teksturze. Jest to sól średnio- i gruboziarnista, z pojedynczymi, całowymi kryształami soli, tzw. oczkowa, występująca w warstwie około 0,5 m. Wskutek wtórnego zawikłania tektonicznego trudno jest ustalić pierwotną miąższość i kolejność następstwa poszczególnych warstw solnych kompleksu środkowego.

- 7 — 9 Iłowiec anhydrytowy, złożony z naprzemianległych, cienkich warstw (2 — 8 cm) ilu marglistego, ciemnoszarego i anhydrytu, przy czym il przeważa ilościowo nad anhydrytem. Zawiera grubsze przerosty (do 2 m) samego ilu łupkowego. Utwór ten w części dolnej i środkowej ma wyraźną strukturę łupkową, z anhydrytem szarym w postaci ciągłych warstewek (anhydryt płytkowy, prążkowy). Zatem jest to łupek anhydrytowo-iłowy. Natomiast w górnej części jest to „przekładaniec“ ilu z warstwami anhydrytu konkrejowego lub trzewiowca. W najwyższej części zawiera kilka całowych warstewek soli.
- 8 — 10 Kompleks soli północnych, jako zespół warstw soli (0,1 — 1,0 m), ułożonych naprzemianległe z warstwami ilu z anhydrytem (0,1 — 1,0 m). Sól jest przeważnie drobnoziarnista, zanieczyszczona ilem i anhydrytem w różnym stopniu. W zespole tym znajdują się również warstwy soli czystszej, jadalnej.
- 2 — 3 Iłowiec marglisty, łupkowy, ciemnoszary.
- 2 — 3 Anhydryt stropowy, tj. łupek iłowo-anhydrytowy.
- Strop Utwory stropowe serii solnej w postaci ciemnoszarych iłów marglistych, łupkowych.

Miąższość całej serii solnej wynosi około 80 m.

Figura 8 przedstawia uproszczony przekrój serii solnej.

#### WARUNKI SEDYMENTACJI SERII SOLNEJ BOCHNI

##### Ogólne warunki osadzania się soli z wody morskiej

Utwory serii solnej Bochni są w przeważnej części produktami sedymentacji chemicznej, powstałymi przez odparowanie słonych wód. Sedymentacja tego rodzaju odbywa się według praw fizyko-chemicznych, w sposób określony ściśle na podstawie szeregu badań. Datują się one od czasu pierwszego doświadczenia z odparowaniem wody morskiej, wykonanego w 1849 r. przez Usiglio. W nowszych czasach klasyczne znaczenie miały badania holenderskiego uczonego, J. H. Van't Hoffa i jego następców. Największe jednak prace były wykonywane i wydawane w Niemczech dla wyjaśnienia powstania cechsztyńskich złóż solnych Europy środkowej, jako największych na świecie, o czym świadczy bardzo bogata literatura.

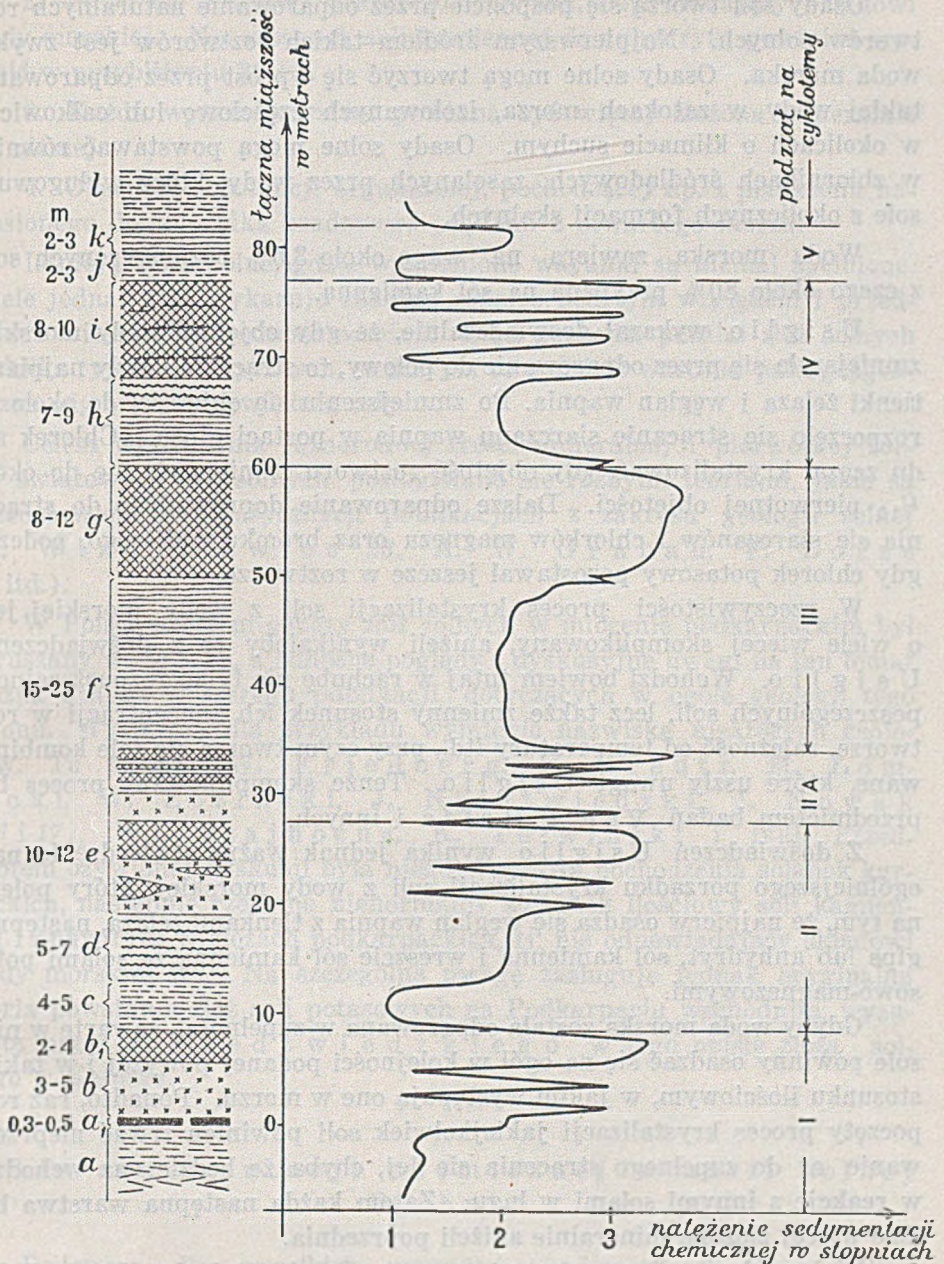


Fig. 8

Wykres natężenia sedymentacji chemicznej w tworzeniu się serii solnej Bochni

a — utwory spągowe serii solnej w ogólności; a<sub>1</sub> — anhydryt spągowy;  
b — zuber dolny; b<sub>1</sub> — sole południowe; c — iłowiec łupkowy; d — iłowiec anhydrytowy; e — zuber górny z pokładem soli „zielonej“ i z gniazdami soli „kryształowej“; f — łupek iłowo-anhydrytowy z warstwami soli „kryształowej“ w spodniej części; g — kompleks soli środkowych; h — iłowiec anhydrytowy; i — kompleks soli północnych; j — iłowiec łupkowy; k — anhydryt stropowy; l — stropowy iłowiec łupkowy, tj. warstwy chodenickie.

Osady soli tworzą się pospolicie przez odparowanie naturalnych roztworów solnych. Najpierwszym źródłem takich roztworów jest zwykła woda morska. Osady solne mogą tworzyć się wprost przez odparowanie takiej wody w zatokach morza, izolowanych częściowo lub całkowicie, w okolicach o klimacie suchym. Osady solne mogą powstawać również w zbiornikach śródlądowych, zasolanych przez wody, które wyługowują sole z okolicznych formacji skalnych.

Woda morska zawiera na wagę około 3,5% rozpuszczonych soli, z czego około 80% przypada na sól kamienną.

U siglio wykazał doświadczalnie, że gdy objętość wody morskiej zmniejszyła się przez odparowanie do połowy, to strąceniu uległy najpierw tlenki żelaza i węglan wapnia. Po zmniejszeniu się objętości do około  $\frac{1}{5}$  rozpoczęło się strącanie siarczanu wapnia w postaci gipsu. Chlorek sodu zaczął krystalizować, gdy objętość roztworu zmniejszyła się do około  $\frac{1}{10}$  pierwotnej objętości. Dalsze odparowanie doprowadziło do strącenia się siarczanów i chlorków magnezu oraz bromku sodowego, podczas gdy chlorek potasowy pozostawał jeszcze w roztworze.

W rzeczywistości proces krystalizacji soli z wody morskiej jest o wiele więcej skomplikowany, aniżeli wynikałoby to z doświadczenia U siglio. Wchodzi bowiem tutaj w rachubę nie tylko rozpuszczalność poszczególnych soli, lecz także zmienny stosunek ich koncentracji w roztworze, zależność od temperatury itd., przy czym tworzą się sole kombinowane, które uszły uwagi U siglio. Tenże skomplikowany proces był przedmiotem badań Van't Hoffa i innych.

Z doświadczeń U siglio wynika jednak ważne stwierdzenie najogólniejszego porządku krystalizacji soli z wody morskiej, który polega na tym, że najpierw osadza się węglan wapnia z tlenkami żelaza, następnie gips lub anhydryt, sól kamienna i wreszcie sól kamienna ze solami potasowo-magnezowymi.

Gdyby woda morska została odparowana w zupełności, zawarte w niej sole powinny osadzać się na ogół w kolejności podanej powyżej i w takim stosunku ilościowym, w jakim występują one w morzu. Ponadto, raz rozpoczęty proces krystalizacji jakiejkolwiek soli powinien trwać nieprzerwanie aż do zupełnego strącenia się jej, chyba że będzie ona wchodzić w reakcje z innymi solami w ługu. Zatem każda następna warstwa będzie więcej złożona mineralnie aniżeli poprzednia.

W konsekwencji powyższego, w naturalnych osadach solnych, które powstałyby przez zwykłą koncentrację wody morskiej, powinny być spełnione następujące warunki:

1. Zachowana kolejność strącania się soli, ustalona w przybliżeniu przez U siglio.



2. Stosunek ilościowy poszczególnych soli, odpowiadający składowi wody morskiej. Np. stosunek soli kamiennej do anhydrytu powinien wynosić w przybliżeniu 30 : 1.

3. Każda wyższa warstwa powinna być więcej złożona mineralnie od niższej.

4. Obecność substancji organicznej, pochodzącej np. z planktonu nanieśionego do zbiornika osadowego prądami z otwartego morza.

Istnieją złoża solne, gdzie wymienione warunki są niemal spełnione. Wiele jednak złóż wykazuje znaczne różnice pod tym względem i przedstawia wielką różnorodność odmian. Stąd pochodzi podział złóż solnych na kilka typów genetycznych, w którym to podziale warunki paleogeograficzne odgrywają największą rolę.

Celem wyjaśnienia różnorodnej treści mineralnej i pierwotnej formy światowych złóż solnych posługiwano się różnymi teoriami, jakie są przedstawione w klasycznych publikacjach z zakresu geologii solnej (E. W i n d a k i e w i c z 23, A. W. G r a b a u, F. L o t z e 13 itd.).

W Polsce problem genezy złóż solnych w miocenie podkarpackim był poruszany wiele razy, a odnośne poglądy i dyskusyjne uwagi na ten temat można znaleźć w szeregu publikacji dotyczących w ogóle geologii tego rejonu. Wystarczy dla przykładu wymienić nazwiska niektórych geologów. Tu należą: W. F r i e d b e r g, F. K r e u t z, M. Ł o m n i c k i, W. Ł o z i ń s k i, J. N i e d Ź w i e d z k i, J. N o w a k (16 i 17), Wł. S z a j n o c h a, K. T o ł w i ń s k i i inni. Przedmiotem ożywionej dyskusji była niegdyś sprawa pochodzenia solanek karpackich, następnie rzekomo nienormalny stosunek ilościowy soli kamiennej i anhydrytu w złożach podkarpackich, tj. nie odpowiadający składowi wody morskiej itd. Na szczególną uwagę zasługuje jednak oryginalna teoria powstania złóż soli potasowych na Podkarpaciu wschodnim, wysunięta przez J. N i e d Ź w i e d z k i e g o w jego opisie złoża solnego w Kałuszu.

### Cykle sedymentacji chemicznej w serii solnej Bochni

Podstawą dla wszelkich rozważań o sedymentacji soli w okolicy Bochni jest uproszczony profil stratygraficzny, przedstawiony na fig. 8. Przy szczegółowej analizie tego profilu rzucają się w oczy pewne prawidłowości w całym układzie warstw. Mianowicie można podzielić warstwy serii solnej na kilka mniejszych zespołów, w których powtarza się po-

niekąd to samo następstwo osadów chemicznych. Jest to z jednej strony wynikiem praw fizyko-chemicznych, które określają kolejność strącania się poszczególnych soli według schematu podanego przez Usiglio, z drugiej zaś strony — wynikiem okresowego, rytmicznego powtarzania się podobnych warunków sedymentacji chemicznej. Wskutek tego proces sedymentacji zaczynał się od nowa kilka razy, czyli składał się z kilku cyklów. Zatem w odniesieniu do całej serii solnej Bochni mamy do czynienia z tzw. sedymentacją cykliczną, podobnie jak w wielu światowych złożach soli.

Cykliczność w procesie sedymentacji serii solnych została stwierdzona stosunkowo dawno temu, już w pierwszym okresie rozwijania się geologii soli, na złożach cechsztyńskich w Niemczech (Stassfurt). W nowszych czasach podobne zjawiska obserwowano i zajmowano się nimi także w innych seriach osadowych, nie solnych. Tak np. opisano je z formacji węglowej górnego karbonu Ameryki Północnej (pensylwan). Wprowadzono tamże nawet osobną nazwę dla jednostkowego zespołu warstw, który odpowiada pojedynczemu cyklowi sedymentacji. Taki zespół nazwano *c y k l o t e m e m* (18).

W dalszym ciągu niniejszej pracy zastosowano wyrażenie cyklotem dla określenia takiego jednostkowego zespołu warstw serii solnej, który jest rezultatem jednego cyklu sedymentacji chemicznej. W ten sposób odróżnia się sam proces geologiczny, jakim jest cykl sedymentacji, od powstałej treści skalnej, która jest produktem tego procesu.

Produktem sedymentacji chemicznej serii solnej Bochni jest anhydryt i sól kamienna, zwana halitem, w znaczeniu skały monomineralnej. Są to takie produkty, które powstały głównie przez odparowanie roztworów, czyli tzw. ewaporaty. Takie utwory płonne, jak ily margliste, zapewne są w pewnym procencie produktem sedymentacji chemicznej, gdyż strącanie się węglanu wapnia, zawartego w nich, poprzedzało strącanie się siarczanu wapniowego. Natomiast brakuje zupełnie soli magnezowych i potasowych. Zatem wyszczególnione poniżej cyklotemy nie są pełne.

Seria solna Bochni dzieli się na kilka cyklotemów (fig. 8). Jako przewodnie i podstawowe utwory każdego cyklotemu przyjęto kilkumetrowe pakiety łożca anhydrytowego oraz najniższą warstwę masywnego anhydrytu ilastego. W ten sposób wyróżniono 5 zasadniczych cyklotemów, z których piąty, tj. najwyższy, jest najwięcej niekompletny, jako nie zawierający soli w ogóle. Między drugim a trzecim cyklotemem można by wyodrębnić jeden mniejszy, jednostkowy zespół warstw, tj. *p o d c y k l o t e m*, opisany znakiem IIA, jako przynależny raczej do drugiego cyklotemu. Szczegółowy podział na cyklotemy przedstawia się następująco:

Cyklotem	Poszczególne warstwy
V	2. Anhydryt stropowy 1. Iłowiec marglisty, łupkowy
IV	2. Kompleks soli północnych 1. Iłowiec anhydrytowy
III	2. Kompleks soli środkowych 1. Łupek ilowo-anhydrytowy
II A	2. Łupek anhydrytowy z warstwami soli kryształowej 1. Il solny, marglisty
II	3. Zuber górny z solą kryształową i z pokładem soli zielonej 2. Iłowiec anhydrytowy 1. Iłowiec marglisty, łupkowy
I	3. Kompleks soli południowych 2. Anhydryt spagowy 1. Spagowy ilowiec marglisty i łupek marglisty

W profilu serii solnej Bochni uwydatnia się osobiście zmienny charakter procesu sedymentacji chemicznej, w szczególności zaś strącania się ewaporatów. Tenże charakter jest wynikiem zmiennego natężenia sedymentacji chemicznej, tj. okresowych zmian koncentracji macierzystych roztworów solnych.

Celem przybliżonego określenia procesu sedymentacji chemicznej pod względem jakościowym wprowadzono poniżej kilka stopni natężenia sedymentacji chemicznej na wzór podany najpierw przez węgierskiego badacza E. v. Szádeczky-Kardoss, a następnie zmodyfikowany przez niemieckiego geologa solnego F. Lotzego (13).

W zastosowaniu do serii solnej Bochni proponujemy następujące trzy stopnie natężenia:

Stopień	Rodzaj osadu chemicznego
1	węglan wapnia, w marglu lub ile marglistym
2	siarczan wapnia (anhydryt, gips)
3	chlorek sodu (halit)

Stopień zerowy odpowiada osadom w zupełności pochodzenia nie chemicznego, tj. klastycznym.

Przybliżoną miarą natężenia sedymentacji chemicznej pod względem ilościowym, niech będą miąższości poszczególnych osadów.

Na powyższych zasadach sporządzono wykres sedymentacji chemicznej w tworzeniu się serii solnej Bochni, w prostokątnym układzie współrzędnych (fig. 8). Przy pomocy tego wykresu można scharakteryzować w przybliżeniu proces sedymentacji i próbować odtworzyć warunki osadzania się soli.

### Warunki paleogeograficzne tworzenia się serii solnej Bochni

Seria solna stanowi jeden z najniższych członów stratygraficznych całej formacji solonośnej okolicy Bochni. Tworzenie się tej serii było związane z transgresją morza miocenijskiego, które wkraczało na depresyjny obszar Podkarpacia zachodniego od strony Śląska.

Podłożem transgresji miocenijskiej okolicy Bochni był geologiczny region pogranicza karpacckich formacji fliszowych i północnego przedmurza Karpat, stanowiącego wschodnie przedłużenie antyklinorium krakowskiego. Prawdopodobnie północna granica zachodzenia sfałdowanego fliszu na masywne formacje przedmurza przebiegała w okolicy na południe od Bochni. Dno pierwszych zalewów miocenijskich musiało być urozmaicone topograficznie i bardzo nierówne.

Płat serii solnej poznany w kopalni jest stosunkowo małym wycinkiem z całkowitego obszaru sedymentacji tejże serii w okolicy Bochni. Pochodzi on z południowej części obszaru sedymentacji. Płat ten uległ fałdowemu zmięciu i znacznemu przesunięciu na północ przed nasuwającym się brzegiem Karpat.

W południowej części obszaru sedymentacji seria solna osadzała się przeważnie na starszych, przyspągowych utworach miocenijskich, transgredujących na fliszu. Zarazem prawdopodobne jest, że seria ta osadzała się tu i ówdzie wprost na podłożu fliszowym, ze względu na lokalne wyniesienia terenu zalewowego, w postaci wyższych brzegów, półwyspów, wysp, progów podwodnych i mielizn.

Miocenijskie utwory spągowe serii solnej opisano już powyżej. Wskutek rozczłonkowania zbiornika osadowego, związanej z tym zmienności wykształcenia poziomego i pionowego, a następnie silnych zaburzeń tektonicznych, rekonstrukcja szczegółowego następstwa warstw spągowych i odnośne wnioskowanie o warunkach sedymentacji jest bardzo utrudnione. Można jedynie wysunąć pewne przypuszczenia w tym względzie.

Ogólnie biorąc, proces sedymentacji chemicznej zależy od stopnia izolacji zbiornika osadowego od otwartego morza, jak też od stopnia izo-

lacji od wilgoci atmosferycznej. Przy odpowiedniej izolacji zbiornika osadowego od morza i wilgoci atmosfery, tj. przy odpowiednio suchym klimacie następuje więcej intensywne odparowywanie wód zbiornika, stwarzające najlepsze warunki dla sedymentacji chemicznej. Natężenie sedymentacji tego rodzaju będzie zależęć w rezultacie od ilościowego stosunku wód odparowanych do zasilających zbiornik. Gdy stosunek ten jest odpowiednio duży, będą tworzyć się osady chemiczne wyższego stopnia natężenia, tj. ewaporaty (anhydryt, sól).

W okresie powstawania utworów spągowych serii solnej obfitsze strącanie się węglanu wapnia i osadzanie się warstw marglowych było zapewne wynikiem znacznej izolacji zbiornika osadowego i objawem zachodzącej się sedymentacji chemicznej. Akumulacyjne wyrównanie zakłębłości zbiornika i jego spłylenie oraz postępujący proces jego izolacji doprowadził do tworzenia się rozległej panwi solnej w okolicy Bochni.

Prawdopodobnie sedymentem na pół chemicznym jest pokład, liczącego 0,5 m związłego marglu łupkowego, z nieznacznymi przerostami anhydrytu ilastego, występujący w bezpośrednim spągu serii solnej. Podściela on anhydryt spągowy lub, być może, poniekąd zastępuje go facjalnie.

Osadzenie anhydrytu spągowego w warstwie grubości 0,3 — 0,5 m, który jest już wyraźnym ewaporatem, zapoczątkowało serię solną Bochni.

W niższej części serii solnej Bochni widać wybitną przewagę ilościową utworów ilowych nad ewaporatami, przy czym w pierwszych dwóch cyklotemach występuje znamieny utwór mieszany, ilowo-solny, czyli il solny, tj. właściwy zuber, zasługujący na szczególną uwagę.

Przez z u b e r należy rozumieć il z solą i anhydrytem w postaci opisanej w poprzednim rozdziale, jako utwór w przeważnej części pierwotny, powstały w procesie sedymentacji i diagenety. Tak pojęty zuber nie powinien być utożsamiany ze zwykłym okrucowcem solnym, jako utworem wtórnym. Przy tym należy uwzględnić, że zuber zachowuje się mechanicznie w swoisty sposób w czasie ruchów górotwórczych i ulega osobliwemu skruszeniu i wtórnemu spojeniu solą.

Zuber we właściwym znaczeniu jest utworem charakterystycznym w wielu seriach solnych, a wykształcenie litologiczne tego utworu w różnych seriach bywa bardzo podobne. Np. podobieństwo wykształcenia zubrów w tak odległych paleogeograficznie złożach solnych, jak miocieńskie złoża Podkarpacia i cechsztyńskie złoża Kujaw, jest bardzo duże. Ponadto, zubry zajmują określoną pozycję stratygraficzną w poszczególnych seriach solnych i odznaczają się nadzwyczajną stałością wykształcenia i ciągłością występowania na dużych przestrzeniach. Już chociażby na

tych podstawach można utrzymywać, że zuber reprezentuje pewien szczególny typ podfacji solnej.

Zuber jako utwór mieszany jest po części osadem klastycznym, po części chemicznym o różnym stopniu natężenia. Równocześnie bowiem osadzał się ń marglisty, sól i anhydryt. Jak widać z wykresu na fig. 8, największe zmiany natężenia sedymentacji chemicznej odpowiadają zubrom. Z faktu tego można by wyciągnąć poniższe wnioski odnośnie do warunków powstania zubru.

Jak już wspomniano, tworzenie się serii solnych w ogóle jest związane z transgresjami lub regresjami morskimi, jakie towarzyszą lub następują tuż po większych ruchach górotwórczych. W tym względzie największą rolę odgrywają ruchy epirogeniczne, które doprowadzają do odcięcia i odosobnienia zbiorników wody morskiej i do tworzenia się naturalnych panwi solnych w odpowiednio suchym klimacie. Jednak już po utworzeniu się tych panwi nie wygasłe jeszcze tendencje epirogeniczne mogą wyrażać się okresowymi, silniejszymi ruchami podłoża.

Wobec powyższego nasuwa się przypuszczenie, że tworzenie się zubru pozostaje w związku z okresami niepokoju tektonicznego i że podfacja zubrowa odpowiada gwałtowniejszym ruchom podłoża, przede wszystkim zaś zapadaniu się dna panwi solnej. Wówczas izolacja topograficzna tej panwi psuje się, obszar zaś jej staje się okresowym zbiornikiem osadowym świeżych wód, niosących zawieszinę ńlową i nasycających się po drodze rozpuszczaniem soli, osadzonych uprzednio. Zarazem wydaje się, że ewentualne zmiany klimatu z suchego na wilgotny nie odgrywają większej roli w tworzeniu się zubru aniżeli wymieniony czynnik tektoniczny. Natomiast tworzenie się grubszych warstw ńłowca bezsolnego należy przypisać zmianom klimatycznym.

Typowy zuber pierwszego cyklotemu serii solnej B o c h n i może świadczyć o niepokoju tektonicznym, jaki panował z początkiem osadzania się tej serii. Istniały wówczas wyjątkowe warunki dla niemal równoczesnego osadzania się ńłów i strącania się ewaporatów, spowodowane głównie ruchami podłoża. Wynikiem czasowego uspokojenia się tych ruchów i ustalenia się jednakowych warunków sedymentacji w klimacie suchym jest kompleks soli południowych.

Sole południowe nie odznaczają się jednak znaczną ciągłością ułożenia na większej przestrzeni. Cechuje je przy tym nierównomierność wykształcenia ziarn, uwydatniająca się w swoistej teksturze subporfirowej itd. Ponadto zawierają drobne okruchy, a wyjątkowo nawet większe otoczaki skał fliszowych, zwęglony materiał roślinny i dobrze zachowane okazy koralu *Caryophyllia salinaria*. Na podstawie tych cech można by wnioskować o rozczłonkowaniu pierwotnej panwi solnej oraz o istnieniu

półwyspów i wysp z wychodniami serii fliszowych, o pobliżu ładu z florą klimatu wilgotniejszego, o stosunkowo niedawno przerwany połączeniu panwi solnej z otwartym morzem i, być może, o zdarzającym się jeszcze przedzieraniu wód morskich do panwi i częściowym rozmywaniu osadzonych już soli. Zatem warunki sedymentacji chemicznej nie były jeszcze ustalone i równomierne na większej przestrzeni.

Pierwszy cykl sedymentacji chemicznej został przerwany akumulacją łu o miąższości kilku *m*, co zapewne jest wyrazem zmiany klimatu na wilgotniejszy.

W drugim cyklu sedymentacji chemicznej przeważa znów zuber z nieciągłymi złożami soli. Świadczyłoby to o ponownym okresie niepokoju tektonicznego i o związanej z nim zmienności warunków sedymentacji. Objawem pewnej stabilizacji w tym względzie jest łupek anhydrytowy z cienkimi pokładami soli kryształowej, zamykający drugi cyklotem. Ten ostatni zespół warstw może być wyodrębniony jako podcyklotem IIA.

Sole pierwszych cyklotemów są bitumiczne, podobnie jak w innych seriach solnych. Fakt ten zdaje się potwierdzać ich pozycję stratygraficzną.

W trzecim cyklu sedymentacji chemicznej osadzenie się łupku ıłowo-anhydrytowego, o znacznej miąższości, doprowadziło zapewne do akumulacyjnego wyrównania rozczłonkowanego obszaru panwi solnej. Tym samym powstał bardzo rozległy spąg dla kompleksu soli ırodkowych.

Sole ırodkowe są wyrazem największej stabilizacji warunków sedymentacji chemicznej serii solnej w okolicy Bochni. Odznaczają są one największą stałos wykształcenia pionowego i poziomego. Sedymentacja chemiczna osiągnęła w nich swe maksimum moŹliwego natężenia. Zarazem sole te przedstawiają glówne bogactwo górnicze w złoŹu Bochni.

W czwartym cyklu sedymentacji chemicznej powstałe sole północne, jako zespół naprzemianległych, cieńszych warstw soli i ıłu z anhydrytem, są wynikiem częstych zmian warunków sedymentacji, które zdają są w ogólnym kierunku ustąpienia sedymentacji chemicznej na rzecz mechanicznej. Wchodz tutaj w grę zarówno zmiany topograficzne obszaru sedymentacji związane z czynnikiem tektonicznym, jak teŹ zmiany klimatyczne.

Ostatni, pity cykl sedymentacji chemicznej rozpoczęty anhydrytem stropowym, został przerwany osadzaniem typowych ıłw chodenickich.

W ogólnym profilu serii solnej Bochni uwidatnia są pewna cigłos procesu sedymentacji przy przejściu od normalnej facji ciemnych ıłw,

czyli euksynicznej, do salinarnej i z powrotem. Natomiast, jak wskazuje wykres na fig. 8, w szczegółowym przebiegu sedymentacja chemiczna odbywała się z częstymi wahaniami o maksymalnej rozpiętości natężenia.

Sedymentacja chemiczna opisywanej serii solnej nie osiągnęła wyższego stopnia natężenia, gdyż nie straciły się sole potasowo-magnezowe. Zarazem brakuje jakichkolwiek śladów, które by świadczyły o wylugowaniu tych soli, gdyby doszło było do ich osadzenia się. Zatem żaden z cykli sedymentacji chemicznej nie był zupełny i należy przyjąć, że w końcu każdego z nich stężone ługi potasowo-magnezowe ulegały rozcieńczeniu przez ponowny zalew świeżymi wodami.

Na podstawie zebranych materiałów geologicznych nie można przedstawić zmian facjalnych w obszarze sedymentacji serii solnej, gdyż pole obserwacji było ograniczone do płatu tej serii, który nie znajduje się *in situ*. Jednak zmiany te zauważono w przekroju poprzecznym okolicy Bochni. Mianowicie w antyklinie Uzborni, w wychodniach serii solnej występują przerosty wapienne i dolomityczne, które nie mają cech tzw. wapieni pogipsowych i różnią się od nich. Tu należą towarzyszące ewaporatom warstwy margli wapiennych i dolomitycznych, jakie przecięto niektórymi rowami poszukiwawczymi na przedłużeniu antykliny Uzborni ku zachodowi (wzgórze Urwaniec).

Jest rzeczą oczywistą, że rozprzestrzenienie anhydrytów serii solnej jest znacznie większe aniżeli soli oraz że anhydryty i gipsy będą zastępować sole w miarę zbliżania się do brzegów panwi solnej.

Rekonstrukcje paleogeograficzne panwi solnej byłyby możliwe przy objęciu szczegółowymi badaniami większego rejonu Podkarpacia zachodniego i przy nawiązaniu do złoże solnego Wieliczki.

#### MORFOLOGIA ZŁOŻA

W niedługim stosunkowo czasie po osadzeniu się formacja solonośna, a wraz z nią seria solna, została sfałdowana i silnie spiętrzona przy brzegu karpackim nasuwającym się od południa. W czasie ruchów górotwórczych seria solna podlegała tym samym ogólnym deformacjom, co całość formacji solonośnej. Ponadto, seria ta wskutek osobliwych przymiotów mechanicznych soli ulegała także wewnętrznym zaburzeniom tektonicznym, bardziej intensywnym. W niektórych partiach fałdów formacji solonośnej zaburzenia wewnętrzne serii solnej były tego rodzaju, że doprowadziły do większej koncentracji soli, tj. do uformowania się złożeń solnych natury tektonicznej. Tak pojęte złoże solne może być traktowane jako morfologiczna całość, o wyraźnych granicach i o swoistej budowie wewnętrznej, czyli jako tzw. górotwór solny.



Pozycja eksploatowanego złoża solnego Bochni została określona w ogólnym opisie geologicznym. Jak wynika z wykonanej mapy geologicznej i odnośnego przekroju (fig. 1 i 2), złoże solne znajduje się w północnym skrzydle głównej antykliny bocheńskiej. Seria solna i jej utwory spągowe, jako najniższy człon stratygraficzny formacji solonośnej, przylegają do mas fliszowych jądra tej antykliny.

Najogólniejsze warunki ułożenia złoża przedstawiają również wymienione figury. Warunki te scharakteryzowano pokrótce w jednym z pierwszych rozdziałów.

### G r a n i c e z ł o ż a

Pierwszym zadaniem, jakie należało rozwiązać, przystępując do opracowania morfologii złoża, było określenie jego granic od strony południowej i północnej. Jako granice złoża przyjęto te powierzchnie ograniczające je od południa i północy, poza którymi nie znajduje się sól ani też inne utwory serii solnej, jak np. anhydryt.

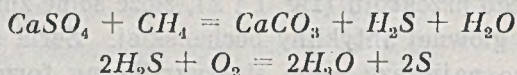
Po południowej stronie złoża występują znamienne utwory spągowe serii solnej, opisane w poprzednim rozdziale. Napotkanie ich w chodniku poprzecznym lub wierceniu bywa równoznaczne z naruszeniem południowej granicy złoża.

Na południowej powierzchni granicznej złoża stykają się utwory serii solnej z różnymi członami serii spągowej. W większości pogranicznych odkrywek obserwujemy niezgodne przyleganie utworów spągowych, zwykle silnie zaburzonych, do ostatnich południowych warstw złoża. Zatem południowa granica złoża jest poniekąd uformowana tektonicznie jako powierzchnia dyslokacji. Wzdłuż tej ostatniej nastąpiło częściowe nasunięcie utworów spągowych na zmiętą serię solną, połączone z ukośnym ścinaniem jej fałdów wewnętrznych.

Jest rzeczą godną uwagi, że na południowej powierzchni granicznej złoża występuje tu i ówdzie nieznaczna i nieciągła warstewka marglu siarkowego, żółto-szarego, jako znamienne fuga, ułatwiająca ustalenie granicy południowej, szczególnie w partiach, gdzie do złoża przylega najpospolitszy utwór spągowy, jakim jest ciemnoszary iłowiec marglisty, o strukturze łuskowej. Powstanie tej fugi marglu siarkowego można wytłumaczyć w następujący sposób:

Źródłem siarki jest zapewne anhydryt. Redukcja siarczanu wapnia i wydzielenie się wolnej siarki może nastąpić pod działaniem związków węgla, jak np. węglowodorów. Jak już wiadomo, ze skał spągowych złoża solnego wydziela się tu i ówdzie metan. Siarka powstaje w ostatniej.

przygranicznej warstewce anhydrytu pod działaniem metanu, zgodnie z następującą reakcją:



Północna granica złoża jest stosunkowo łatwa do oznaczenia. Utwory stropowe serii solnej są związane z nią normalną kolejnością sedymentacji i na ogół przylegają zgodnie do złoża. Jako granicę północną przyjęto górną powierzchnię najwyższego osadu chemicznego serii solnej, jakim jest anhydryt stropowy. Oznaczenie tak pojętej granicy północnej w chodnikach poprzecznych lub wierceniach bywa jednoznaczne i nie napotyka trudności.

Już w dawnych czasach oznaczano granice złoża i kierowano się nimi w planowaniu robót górniczych. Świadczą o tym niektóre zachowane plany poziomów kopalni. Mogą one być miarą pewnej znajomości stosunków geologicznych złoża solnego i skał otaczających w poszczególnych okresach czasu. Na planach kopalni z drugiej połowy XVIII wieku, jak np. na dużym planie poziomów z 1788 r. w skali zbliżonej do 1 : 1000, naniesiono południowe i północne granice złoża na poszczególnych poziomach, co świadczy chlubnie o ówczesnym stanie myśli i sztuki górniczej.

### Morfologia złoża w planach i przekrojach

Morfologia złoża w granicach objętych kopalnią może być przedstawiona graficznie w następujący sposób:

Plat złoża objęty kopalnią pokazano w planie pionowym, podłużnym (fig. 3). Plan ten ilustruje zarazem niektóre stosunki tektoniczne złoża opisane poniżej.

Podstawowym materiałem dla odtworzenia morfologii złoża są plany geologiczne poszczególnych poziomów kopalnianych, czyli plany poziome z nakreślonymi granicami złoża. Tego rodzaju plany są poziomymi przekrojami złoża.

Na figurze 4 pokazano granice złoża na niektórych wybranych poziomach kopalnianych, naniesione na jeden plan. Zatem jest to jak gdyby fragmentaryczny plan poziomowy złoża o nierównym pionowym odstepie poziomów. Linie graniczne złoża, południowe i północne, zaznaczono w odmienny sposób celem łatwego odróżnienia ich. Plan ten obejmuje następujące poziomy: F1 (+ 142), C1 (+ 37), C5 (— 54), C6 (— 78), C7 (— 99), C9 (— 139). Dla łatwiejszej orientacji w szerokości złoża na poszczególnych poziomach zakreskowano miejscami pole między granicą południową a północną (pole przekroju złoża).

Figura 5 przedstawia pionowe, poprzeczne przekroje złoży, uszeregowane w kolejności od zachodu ku wschodowi. Są to przekroje konturowe, czyli pełne, podobnie jak przekroje poziome na fig. 4. Płaszczyzny przekrojów S — N oznaczono cyframi odnośnych południków kopalnianego układu współrzędnych, tj. licząc od zachodu ku wschodowi: (—) 1150, (—) 900, (—) 600, (—) 300, (—) 100, (+) 100, (+) 400, (+) 750, (+) 1100, (+) 1400, (+) 1550, (+) 1850.

Morfologia złoży solnego jako całości jest widoczna z wykonanych planów i przekrojów. Ogólne warunki ułożenia złoży podano powyżej, szczegóły zaś jego morfologii przedstawiają się następująco.

Jak już wiadomo, w przekrojach poziomych złoże jest kształtu soczewkowego, wydłużonego. Szerokość złoży zmienia się praktycznie w granicach od kilkudziesięciu do 200 m maksymalnie. W obie strony po rozciągłości złoży, tj. ku zachodowi i wschodowi ma miejsce stopniowe wyklinowanie się złoży, połączone z fleksuralnymi przegięciami.

Wyklinowujące się ku zachodowi i wschodowi krańcowe partie złoży były śledzone na poszczególnych poziomach w chodnikach badawczych. Głównym chodnikiem badawczym bywa zwykle podłużnia, prowadzona po rozciągłości warstw. Z niej zakłada się na obie strony chodniki poprzeczne i wiercenia poziome lub kierunkowe aż do granic złoży. Niemal na wszystkich poziomach kopalnianych podłużnie badawcze zostały zatrzymane w krańcowych, zwężonych partiach złoży, przeważnie w jego przegięciach fleksuralnych. W takich miejscach bowiem zachodzi stosunkowo nagła zmiana rozciągłości warstw. Powodowało to zwykle dezorientację w nadawaniu chodnikowi kierunku i zatrzymanie całej roboty. Zatem rozprzestrzenienie poziomów kopalnianych, zaznaczone w planie pionowym podłużnym (fig. 3), jest poniekąd miarodajne i charakterystyczne dla morfologii złoży.

W wyjątkowych przypadkach pędzono podłużnię poszukiwawczą konsekwentnie dalej, niemal aż do zupełnego wyklinowania się złoży. Tak prowadzono roboty poszukiwawcze w kierunku zachodnim na poziomach C1 i C7. W tych przypadkach po wyklinowaniu się złoży rolę warstwy przewodniej spełniała fuga solna o zmiennej miąższości, rozdzielająca skały spągowe i stropowe. Na każdym z wymienionych poziomów po przejściu pewnego odcinka, który odpowiada wyklinowanej partii złoży, podłużnia poszukiwawcza weszła w nową, oderwaną część złoży kształtu soczewkowego (fig. 4).

Na niektórych niższych poziomach, tj. na poziomie C7, C8, C9 i C10, chodniki badawcze, pędzone ku wschodowi, utknęły na charakterystycznym przewężeniu złoży. Dalsze prowadzenie tych robót ku wschodowi

wykazało rozszerzanie się złoża na określonym odcinku po rozciągłości, po czym znów następuje stopniowe wyklinowanie się złoża ku wschodowi.

Wykonane zestawienie przekrojów poprzecznych złoża (fig. 5) daje najlepsze pojęcie o jego ułożeniu. Jak wynika z tego, złoże jako całość przedstawia się w uogólnionym profilu jako nieregularna masa soczewkowata, ułożona stromo z dominującym upadem na południe. W górnej części, tj. ku wschodniom, jak też w dolnej części, po upadzie w głąb, ogólna miąższość złoża maleje.

Z zestawienia poszczególnych profili widoczne jest, że w górnej części złoże leży bardzo stromo, niemal pionowo, z upadem na południe lub północ. Poczynając zaś od pewnej głębokości (200 — 300 m) w dół, zapada ono zdecydowanie na południe z ogólnym średnim (15 — 45°) kątem upadu. Jedynie we wschodniej części złoże leży na całej głębokości monoklinalnie ze średnim kątem upadu na południe (profil + 1400 i następne).

W poszczególnych profilach złoża, w jego zmiennej miąższości i sposobie zapadania w głąb, rzuca się w oczy znamieny rys morfologiczny. Mianowicie poczynając od wschodni w dół złoże solne przybiera na miąższości aż do pewnej głębokości, na której zachodzi zdecydowane przegięcie jego na południe, połączone z wybrzuszeniem ku północy. Na tej głębokości złoże wykazuje największą miąższość ogólną i optimum różnicze, tj. zawiera najbogatsze skupienia soli. Poczynając od tej głębokości w dół, miąższość złoża zmniejsza się.

Wobec powyższego, wyjaśnia się jednoznacznie ogólny profil złoża i jego sposób zapadania w głąb, co było do niedawna przedmiotem sprzecznych poglądów, przedstawionych w odnośnej literaturze geologicznej. W tym względzie słuszny okazuje się uogólniony profil, opublikowany niemal przed 100 laty przez A. H a u c h a (9), o ile nie dotyczy on tektoniki wewnętrznej złoża. Natomiast należy uznać za błędne niektóre późniejsze wypowiedzi na ten temat, spotykane nawet w publikacjach z bieżącego wieku (11).

Co się tyczy dalszych szczegółów morfologicznych, to sposób, w jaki zachodzi wspomniane przegięcie całego złoża z upadem na południe, połączone z jego uwypukleniem od strony północnej, jest nieco odmienny w poszczególnych profilach. Jest to związane poniekąd ze sposobem załamywania się warstw przylegających zgodnie do złoża solnego od północy, czyli warstw stropowych serii solnej. Tak np. w profilu (+) 100 ogólna linia konturowa złoża od strony północnej przebiega z góry na dół łagodniej, tj. po łuku o mniejszej krzywiznie, podczas gdy w profilu (+) 750 jest ona załamana niemal pod kątem prostym. W przebiegu tej linii zachodzą wtórne załamania stopniowe, więcej lub mniej gwałtowne,

lecz faliste (zaokrąglone). Od sposobu załamywania się warstw przyległych do złoża od północy, tj. od przebiegu północnej linii konturowej, zależy w dużym stopniu tektonika wewnętrzna złoża i jego treść górnicza na danej głębokości.

W dążeniu do uchwycenia pewnych prawidłowości w morfologii złoża solnego prześlędzono jego wybitniejsze, podłużne wypukłości od strony północnej, które nazwano garbami. Zarazem nakreślono osie podłużne tychże form w sposób przybliżony jak na fig. 3. W ten sposób ujawnił się bardzo znamieny rys tektoniczny złoża, predysponujący warunki jego występowania i wartość górniczą. Można to przedstawić następująco:

Osie podłużne wypukłości złoża od strony północnej przebiegają w sposób ciągły, mniej więcej zgodnie, tj. równolegle do siebie i zapadają ze wschodu na zachód pod kątem  $10^{\circ}$  —  $15^{\circ}$ , przeciętnie  $12^{\circ}$ . Szczególnie wybitny jest główny garb złoża, który można prześlędzić konsekwentnie w jego środkowej i wschodniej części, poczynając od południka (+) 100 w kierunku wschodnim. Forma ta odpowiada maksymalnej szerokości złoża i największym skupieniom soli wewnątrz niego. Znacznie mniejszy jest niższy garb, ostro zarysowany we wschodnich profilach, poczynając od południka (+) 750 ku wschodowi; odkryto go najpierw w wierceniach „Craelius“ w profilu (+) 1100 i (+) 1400. Stwierdzenie tego faktu przed paru laty stało się uzasadnieniem dla przedłużenia poziomu C9 na wschód, poczynając od południka (+) 750. W rzeczywistości roboty górnicze tego poziomu napotkały tam większe skupienie soli, odpowiadające dolnemu garbowi złoża. W zachodniej części złoża, tj. na zachód od południka (+) 100 uwydatnia się garb wyższy od głównego oraz inne, mniej wyraźne. Również z nimi związane są bogatsze partie złoża.

Poniekąd równolegle do osi opisanych garbów złoża przebiegają jego zakłębłości podłużne od strony północnej jako znaczne zwężenia poprzeczne oraz linie (krawędzie) częściowego wyklinowania się złoża. To ostatnie dotyczy krawędzi wyklinowania ku górze, zbadanej w jego części zachodniej.

W 1940 r. przeprowadzono w kopalni specjalne badania geologiczne, których celem było wyjaśnienie ukształtowania zachodniej części złoża. W wyniku tych badań stwierdzono, że wskutek zaburzeń tektonicznych zachodzi tam dość nagle wyklinowywanie się złoża, połączone z lokalnymi przegięciami fleksuralnymi. Dlatego też chodniki poszukiwawcze, pędzone na różnych poziomach (C1, C3, C5, C6 i C7) po rozciągłości warstw solnych ku zachodowi, zatracaly swój kierunek i bywały zarzucane. Z dawniejszych robót jedynie podłużnia poziomu C1, prowadzona wytrwale na zachód, po wyklinowaniu się złoża i po przejściu strefy jego

wygniecenia na długości około 150 m weszła pomyślnie w nową, oderwaną partię złoża, o pokroju soczewkowatym.

W konsekwencji powyższych badań morfologicznych w kopalni należało było zbadać bliżej nową partię złoża, odkrytą na poziomie C1. Dlatego więc w następnych latach podjęto pędzenie podłużni poziomu C7 dalej na zachód. W rezultacie, po przerwie wynoszącej blisko 100 m chodnik ten wszedł w nową, oderwaną partię złoża, potwierdzając jej ciągłość w przekroju pionowym (fig. 5, profil — 1150).

Na podstawie wymienionych badań w zachodniej części złoża stwierdzono i ujęto graficznie nie tylko niemal zupełne wyklinowanie się złoża na poszczególnych poziomach, tj. w przekrojach poziomych, lecz także w planie pionowym podłużnym, co było rezultatem pewnej konstrukcji (fig. 3). Tym sposobem udało się wykryć górną krawędź złoża, czyli jego linię szczytową, wynurzającą się z głębi zrazu dość stromo, tj. pod kątem około  $30^{\circ}$  między poziomami C7 i C1, w dalszym zaś przebiegu ku wschodowi ponad poziomem C1 więcej łagodnie, tj. ze wzniosem kilkunastu stopni. Dalszy ciąg tej szczytowej linii złoża ku wschodowi narysowano w przybliżeniu, na podstawie szczegółowych przekrojów najwyższej części złoża oraz informacji geologicznych ze starych, zasypanych szybów (Franciszek, Trinitatis I, Bochneris i innych).

Linia szczytowa złoża, narysowana na planie (fig. 3), jest krawędzią wyklinowania złoża od góry i zarazem strefy wygniecenia (rozdarcia) złoża wzdłuż pewnej dyslokacji podłużnej.

Co się tyczy ciągłości złoża na wschód, to w kierunku tym obserwuje się w kopalni stropowe zwężanie się złoża i tendencję do wyklinowania się, przy równoczesnych fleksuralnych zmianach rozciągłości. W przeciwstawieniu jednak do zachodnich krańców złoża zjawiska tektoniczne tego rodzaju przebiegają tutaj znacznie łagodniej i na długich odcinkach po rozciągłości.

Zwężanie się złoża ku wschodowi i jego zubożenie nie stwarzało zagrażających warunków dla przedłużenia robót górniczych w tym kierunku i dlatego zatrzymywano je na wyższych i średnich poziomach, w zbyt cienkiej partii złoża. Przy tym obawiano się także wody, której źródła napotkano w kilku punktach. Jednym z nich było silne źródło, zatamowane we wschodnim końcu poziomu F1.

Złoże solne Bochni w swej dolnej części, poznanej dzięki robotom górniczym, ulega w profilu poprzecznym stopniowemu zwężeniu, które prawdopodobnie prowadzi do częściowego wyklinowania. Jest to oczywiście w najniższej części wschodnich profili złoża (+ 1100, + 1400, + 1550). To zwężanie się złoża odbywa się pewnymi stopniami, co uwiadcza się w załamaniach północnej linii konturowej. W profilu

(+) 1550 zaznacza się przewężenie złoża bliskie wyklinowania, zbadane przy pomocy wierceń rdzeniowych. Oś podłużna tego przewężenia może być uznana praktycznie za granicę zasięgu robót górniczych ku dołowi. W kierunku wschodnim wznosi się ona do góry, ograniczając złoże solne od wschodu. Domniemane przedłużenie jej ku zachodowi pokazano na planie (fig. 3).

Jak widać z planu pionowego, podłużnego (fig. 3), złoże solne Bochni stanowi zwarty płat serii solnej, która uległa intensywnemu zmięciu i osobliwemu uformowaniu tektonicznemu na określonej powierzchni północnego skrzydła głównej antykliny Bochni. Tak pojęte złoże solne, zawierające skupienia soli o przemysłowej wartości, jest ograniczone w swej powierzchni występowania krawędziami wyklinowania. Zarazem z planu (fig. 3) wynikało by, że robotami kopalnianymi objęto ponad 80% powierzchni występowania złoża.

Przedłużenie złoża po rozciągłości na zachód i wschód oraz ku dołowi, poza nakreślonymi strefami wyklinowania, nie powinno być kwestionowane. Roboty poszukiwawcze w kierunku zachodnim na poziomach C1 i C7 weszły w oderwaną soczewkę złoża solnego. Pozostają jeszcze do wykonania dalsze prace poszukiwawcze ku zachodowi, jak też ku wschodowi oraz wyjaśnienie przemysłowej wartości spodziewanych dalszych płatów serii solnej.

W morfologii złoża na szczególną uwagę zasługuje jego zanurzenie się w kierunku podłużnym, ze wschodu na zachód (fig. 3). Miarą tego zjawiska jest kąt, pod jakim nachylone są podłużne osie garbów złoża. Jednak najczęściej miarodajne w tym względzie jest zapadanie osi największej wypukłości złoża od strony północnej. Oś ta, zapadająca pod kątem około  $12^{\circ}$ , może być identyfikowana w przybliżeniu z osią podłużną całego złoża. Stwierdzenie zanurzenia się złoża w kierunku podłużnym ma jak największe znaczenie dla przyczynowego wyjaśnienia powierzchniowych stosunków geologicznych Bochni, miejsca odkrycia złoża solnego, lokalizacji najstarszej części kopalni, ogólnego kierunku rozprzestrzeniania się dawnych robót górniczych itd.

Stosownie do przebiegu osi podłużnej złoże solne Bochni wynurza się w kierunku z zachodu na wschód, czyli „wychodzi w powietrze“ na wschodzie, poczynając mniej więcej od połowy odległości Campi — Regis. Wychodnie zostały wylugowane przez wody gruntowe do pewnej głębokości, co znalazło swój wyraz w pierwotnym ukształtowaniu powierzchni. Tak więc wychodniom szerszej strefy złoża odpowiada dno kotliny miasta Bochni pomiędzy szybami Sutoris i Floris (plac Gazaris). Główna jednak masa złoża wychodzi w powietrze tuż na wschód od miasta Bochni.

Środkiem depresji terenowej, w okolicy szybu Sutoris, przebiega linia ściekowa potoku Babica, który przerzyna się poprzecznie przez pasmo formacji solonośnej z południa na północ, od brzegu nasunięcia karpackiego do niziny rzeki Raby. Przełom tego potoku przez północne skrzydło antykliny bocheńskiej wypada w miejscu wynurzania się szerszej strefy złoża solnego w okolicy szybu Sutoris.

### Miejsce odkrycia złoża solnego w Bochni

Z geologicznego punktu widzenia złoża solne Bochni mogło być odkryte najłatwiej tylko nad potokiem Babica, w jego przełomie przez wychodnie złoża solnego. Wydaje się bowiem rzeczą najwięcej prawdopodobną, że w pewnych okresach gwałtowniejsze postępy erozji wyprzedzały procesy eluwalne w głąb, tj. rozmywanie soli pośród tłustych ilów serii solnej. W ten sposób mogło dojść nie tylko do wystąpienia na powierzchni objawów solnych w postaci słonych źródeł i wykwitów solnych, lecz nawet do wyjątkowego odsłonięcia ilów solnych ze zługowanymi częściowo bryłami twardej soli. To ostatnie zjawisko wydaje się tym więcej prawdopodobne, że, jak wynika ze szczegółowego przekroju szybu Sutoris, wychodnie części złoża stanowią tutaj te warstwy serii solnej, które są więcej odporne na procesy eluwalne, jako zawierające stosunkowo mało anhydrytu (sole południowe i zuber dolny).

Pierwotna rzeźba terenu na omawianym odcinku wychodni złoża, przed zjawieniem się pierwszych eksploratorów, a następnie odkrywców soli, musiała być wyrazista i bardziej urozmaicona. Jednak z biegiem czasu, w miarę postępu robót kopalnianych i wielokrotnego przebudowywania osady, uległa zniekształceniu przez nagromadzenie zwalów kopalnianych. W ten sposób nawet łożysko potoku Babica mogło ulec pewnemu przesunięciu.

Wszelkie dane historyczne o odkryciu soli w Bochni i o najstarszych robotach górniczych zdają się być zgodne z wnioskami natury geologicznej co do wymienionego miejsca nad potokiem Babica, w okolicy szybu Sutoris. Tak więc pewne fakty historyczne znajdowałyby potwierdzenie w interpretacji geologicznej.

Odkrycie soli w Bochni i dzieje miejscowej Saliny, szczególnie w okresie najstarszym, znane są w zarysie nakreślonym przez S. Fischera (8). W wyniku dyskusji z tym znakomitym historykiem Ziemi Bocheńskiej autor przejął niejedną myśl, pomocną w rozważaniach geologicznych, co pragnie podkreślić wyrazami uznania i wdzięczności.

Z okazji minionego w zeszłym roku 700-lecia Saliny Bocheńskiej,



szczególne aktualna jest lokalizacja pierwszych robót górniczych w Bochni. W tym względzie niechaj służyć przedstawione wyniki badań geologicznych zgodne z faktami historycznymi.

Abstrahując od miejsca odkrycia złoża solnego, znamienity rys tektoniczny, polegający na jego zanurzeniu się po rozciągłości ze wschodu na zachód, znalazł swe odbicie w ogólnym kierunku dawniejszych robót górniczych, które postępowały wzdłuż najbogatszych fałdów solnych w złożu. Osie podłużne tych wewnętrznych fałdów złoża zapadają ze wschodu na zachód, zgodnie z nakreślonymi na planie (fig. 3). Ten pochyły przebieg robót górniczych widoczny jest na starych planach kopalnianych, w rzucie pionowym, podłużnym. Schodzące w dół po osi fałdów solnych wyrobiska górnicze łączyły się ze sobą w długie, pochyłe szlaki komunikacyjne, którymi odbywał się podziemny transport soli w kombinacji z łamanymi szybami pionowymi, zanim nie nauczono się zakładać i używać podstawowych poziomów eksploatacyjnych. W tym względzie bardzo pouczający jest syntetyczny plan kopalni z 1746 r., który zachował się w zbiorze starych map kopalnianych.

#### Stosunek złoża do skał otaczających

Złoże solne jako pewna całość morfologiczna leży po części zgodnie pośród przyległych warstw skalnych, po części zaś niezgodnie. Zgodność ułożenia dotyczy utworów stropowych serii solnej, przylegających do złoża solnego od północy i związanych z nią ciągłością sedymentacji. W przekrojach złoża jego linia konturowa od strony północnej przebiega równolegle do przyległych warstw stropowych.

Utwory spągowe serii solnej, występujące po stronie południowej, przylegają do złoża solnego na ogół niezgodnie, gdyż granica złoża od tej strony jest poniekąd uformowana tektonicznie jako powierzchnia dyslokacji, tj. częściowego nasunięcia.

Północna powierzchnia graniczna złoża jest bardzo nierówna w porównaniu z południową, co jest wyrazem osobliwych zdarzeń tektonicznych, które zaszły w szerszej okolicy złoża.

W zewnętrznych procesach tektonicznych, w mechanicznym zachowaniu się złoża w stosunku do skał otaczających, zwraca uwagę duży stopień jego plastyczności. Uwidacznia się to najlepiej w falistym przebiegu granic złoża i w owalnych wypukłościach jego garbów, dalej we fleksuralnych przegięciach jego ścienionych partii i niejako w ciągłym sposobie stopniowego wyklinowania się.

## TEKTONIKA WEWNĘTRZNA ZŁOŻA

Zaburzenia w ułożeniu warstw wewnątrz złoża solnego, czyli jego tektonika wewnętrzna, jest poniekąd odbiciem w małej skali okolicznych stosunków tektonicznych. Jednak wewnętrzne zaburzenia tektoniczne są spotęgowane w stosunku do zaburzeń, jakim uległo złożo jako morfologiczna całość wśród otaczających formacji skalnych. Można by wyrazić to krótko: tektonika wewnętrzna złoża solnego jest wyższego rzędu aniżeli tektonika ogólna, czyli zewnętrzna.

Tektonika wewnętrzna złoża solnego Bochni jest bardzo skomplikowana. Jak widać z przekrojów pionowych złoża, ułożenie warstw serii solnej jest silnie zakłócone. W niektórych partiach złoża doszło nawet do rozbicia warstw płonnych do stanu grubego lub drobnego druzgotu scementowanego solą. Wynikają stąd nadzwyczajne trudności w badaniu geologicznym złoża i w konsekwentnym studiowaniu jego budowy wewnętrznej osiągamy granicę możliwości rozwiązania jej. Już A. H a u c h (9), jako jeden z najstarszych badaczy złoża solnego Bochni, zwrócił uwagę na te trudności. Mianowicie we wstępie do opisu budowy złoża wypowiedział następujące zdania, w dosłownym tłumaczeniu:

„Obrazowe przedstawienie budowy złoża solnego jest daremnym wysiłkiem, gdyż rezultat tego byłby tak zakłóconą rzeczą, że nie wyznałby się na niej nikt, nawet ten, co mógłby to zrobić. Tylko pojedyncze partie (złoża) mogą być oddane z pewną wyrazistością“.

Krótki zarys tektoniki wewnętrznej złoża, podany niżej, jest wynikiem zestawienia szczegółowych, poprzecznych przekrojów złoża, poziomych i pionowych, w skali 1 : 500 i 1 : 100, niemal zupełnych lub fragmentarycznych. Podstawowym materiałem do sporządzenia tych przekrojów były geologiczne zdjęcia wyrobisk podziemnych, jakie wykonano w latach 1940 — 1945. Uzupełniano je dodatkowo w paru następnych latach. Są to przede wszystkim profile chodników poprzecznych, a następnie innych wyrobisk, w skali 1 : 100 lub 1 : 200. Przy tym nie od rzeczy będzie wzmianka, że podstawową pracę geologicznego profilowania w kopalni prowadzono w wymienionym okresie w osobiwie trudnych warunkach podziemnych, tj. miejscami w starych, po części zaciśniętych chodnikach, przy całkiem zwiertzałej i częściowo zabudowanej, tak że niekiedy przy słabym oświetleniu lampą bezpieczeństwa rozgraniczenie soli i skał płonnych było ledwo możliwe. W sumie zdjęto szczegółowo lub pobieżnie około 50 000 metrów bieżących chodników kosztem około 2 500 godzin pracy podziemnej.

Przykłady szczegółowego zdjęcia geologicznego chodników poprzecznych pokazano na fig. 6 i 7. Na podstawie podobnych zdjęć sporządza się

geologiczne plany poziomowe, czyli poziomowe przekroje złoży. Fragment takiego przekroju przedstawia tabl. I.

Tabl. II i III przedstawiają przekroje złoży przez szyb Campi (południk około  $+ 100$ ) i przez szyb Sutoris (południk około  $+ 1100$ ). Sporządzono je w wyniku kompozycji podstawowych profili chodników i wierceń, nie tylko w danych płaszczyznach przekrojów, lecz także w ich najbliższym sąsiedztwie. Oczywiście, konstrukcja przekrojów pionowych jest możliwa tylko przy równoczesnym rozwiązaniu sytuacji w przekrojach poziomych, w przyległych partiach złoży.

Celem wytłumaczenia skomplikowanej budowy wewnętrznej złoży dołączono do wykonanych przekrojów przez szyb Campi i Sutoris uproszczone szkice tektoniczne (tabl. II i III), które ilustrują poniższy opis.

### Analiza tektoniki wewnętrznej złoży

Złoże solne Bochni jest wyjątkowym i szczególnym skupieniem fałdów serii solnej wzdłuż pewnej strefy na północnym skrzydle antykliny bocheńskiej. Na wysokości złoży 300 — 500 m, niemal objętej kopalnią, mieści się owa podłużna strefa największej koncentracji fałdów wewnętrznych, czyli niejako główny węzeł tektoniczny serii solnej. W przekrojach pionowych poprzecznych temu węzłowi odpowiada największa miąższość całego złoży i jego optimum górnicze. Poczynając od centrum złoży, w miarę wznoszenia się ku górze lub zapadania w głąb, zachodzi stopniowe rozwikłanie wspomnianego węzła tektonicznego, tzn. że natężenie sfałdowania słabnie tak, że w szczytowej partii złoży oraz w partii najniższej, udostępnionej robotami kopalnianymi, obserwuje się niemal normalne następstwo warstw. Pokazano to na uproszczonych szkicach tektonicznych kolejną numeracją (tabl. II i III).

Gdybyśmy rozwinęli linię fałdową jednej ze środkowych warstw serii solnej, przewijającą się na wysokości 300 — 500 m poprzecznego przekroju złoży, to otrzymalibyśmy odcinek o długości 1200 — 1500 m. W pierwotnym, płaskim ułożeniu warstw mniej więcej takiej szerokości strefa musiała ulec silnemu sfałdowaniu, aby mogło dojść do skupienia i zbitcia fałdów na znanej, pochyłej wysokości złoży 300 — 500 m. Tenże stosunek, np. 1200 : 300, niechaj będzie przybliżoną miarą nasilenia zaburzeń tektonicznych, które doprowadziły do uformowania się złoży.

Wskutek intensywnego sfałdowania w złożu solnym występują fałdy strome o wysokiej amplitudzie. Określa się to najlepiej stosunkiem długości fali fałdowej do amplitudy, który to stosunek, np. w przekroju przez szyb Campi, zmienia się w granicach od  $\frac{1}{3}$  do  $\frac{1}{10}$ . Tak inten-

sywne fałdowanie było połączone z częściowym wyprasowaniem tektonicznym niektórych skrzydeł fałdów i z nasunięciami w płaszczyznach wyprasowania.

Co się tyczy przebiegu i sposobu fałdowania w złożu, to na ogół są to fałdy, które można by nazwać wstecznymi lub zstępującymi (fig. 9 B), w przeciwstawieniu do postępowych lub wstępujących (fig. 9 A). Stwierdzenie faktu, że właśnie taki sposób fałdowania przeważa w złożu, ma znaczenie dla wyjaśnienia ogólnych procesów tektonicznych w tworzeniu się złoża.

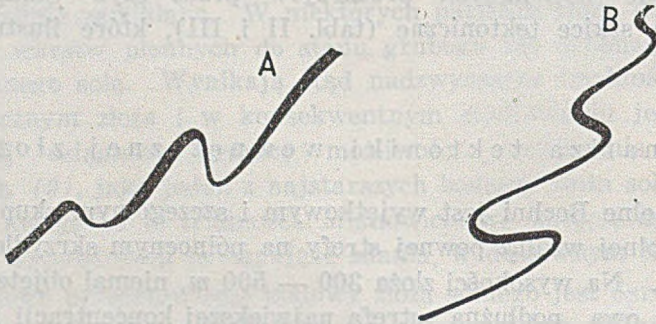


Fig. 9

Fałdy wstępujące (A) i fałdy zstępujące (B)

W ogólnej charakterystyce tektoniki wewnętrznej złoża solnego najwięcej uderzające jest krańcowo odmienne zachowywanie się mechaniczne różnych członów serii solnej w czasie ruchów fałdowych i innych procesów tektonicznych. Tak więc kompleksy solne zachowywały się przeważnie plastycznie i niejako ciągliwie, w przeciwstawieniu do kompleksów płonnych, sztywnych. Z kontrastowych właściwości mechanicznych soli i skał płonnych wynika szereg zjawisk tektonicznych, charakterystycznych nie tylko dla złoża solnego w Bochni, ale w ogóle dla wszystkich złożeń solnych.

Pod wpływem naprężeń, wywołanych siłami tektonicznymi, działającymi nie gwałtownie, lecz stopniowo i w odpowiednio długim okresie czasu, masa soli ulega plastycznemu odkształceniu. Dzięki tej właściwości soli kompleksy solne, zamknięte obustronnie pośród sztywnych warstw płonnych i podległe różnym naprężeniom tektonicznym, powodują szereg takich najbardziej charakterystycznych zaburzeń tektonicznych, jak np. plastyczna translokacja soli w obrębie warstwy (w pokładzie), odkłucie mas solnych, przebicie się soli poprzez warstwy płonne w przegubowych partiach fałdów, czyli zjawiska diapiryczne itd. W re-

zultacie tych zjawisk w przekrojach złoże obserwuje się struktury skalne jakby zastygłe w stanie gęstopłynnym.

W różnych przekrojach poprzecznych złoże solnego Bochni, dość odległych od siebie, szczegółowy obraz tektoniki wewnętrznej jest nieco odmienny. Wynika to już ze zmiennych profili sylwetkowych złoże, przedstawiających jego morfologię (fig. 5). Tak np. odmiennie są schematy tektoniki wewnętrznej w przekroju przez szyb Campi i Sutoris (tabl. II i III). Pomimo jednak tych znacznych różnic w zawiślanym przebiegu

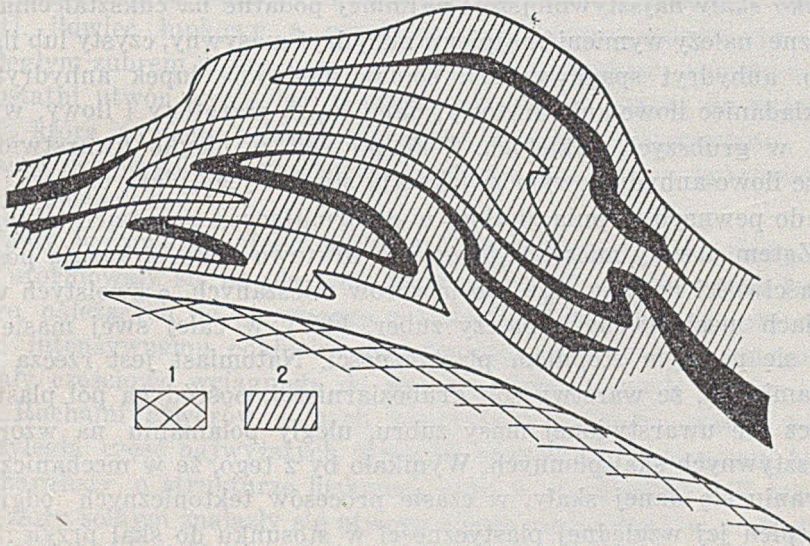


Fig. 10

Uogólniony szkic tektoniki wewnętrznej złoże solnego Bochni

1 — podłoże formacji miocenijskiej; 2 — warstwy serii solnej.

warstw serii solnej z góry na dół, w różnych przekrojach uwydatniają się wspólne rysy głównego węzła tektonicznego w złoże. Fig. 10 jest uogólnionym rysunkiem tego węzła i przedstawia w największym uproszczeniu rodzaj i charakter zaburzeń tektonicznych wewnątrz złoże, na jego odcinku środkowym, tj. z pominięciem zwężonej i wyklinowującej się partii zachodniej i wschodniej. Celem łatwiejszego zrozumienia procesów tektonicznych zorientowano rysunek w ten sposób, aby ogólny układ warstw odpowiadał niemal pierwotnej kolejności stratygraficznej, z dołu do góry, tj. aby utwory spągowe serii solnej występowały w najniższej części przekroju, utwory zaś stropowe pokrywały serię solną od góry.

Seria solna, fałdująca się w pewnej strefie podłużnej, odkłula się od podłoża, tj. od utworów spągowych, po części zaś także od pokrywających ją utworów stropowych. Również poszczególne człony serii solnej, zamkniętej między utworami spągowymi a stropowymi, uległy wzajemnemu podokłuwaniu, tj. kompleksy solne, w stosunku do przedzielających je pakietów płonnych. Przy tym najsilniejsze odkłucia zdarzały się na powierzchniach kontaktu skał najwięcej sztywnych, występujących w grubszych pakietach i grubszych kompleksów czystej soli, możliwie dobrze uwarstwionej.

Jako skały najsztwniejsze i najmniej podatne na odkształcenia mechaniczne należy wymienić najpierw anhydryt masywny, czysty lub ilasty, jak np. anhydryt spągowy serii solnej, następnie łupek anhydrytowy i przekładaniec ilowo-anhydrytowy, dalej łupek marglisty i ilowy, występujący w grubszych pakietach. Wkładki soli w cienko uwarstwowionym utworze ilowo-anhydrytowym zwiększają stopień jego plastyczności i czynią go do pewnego stopnia giętkim w deformujących procesach tektonicznych. Zatem utwory mieszane ilowo-anhydrytowo-solne wykazują pośrednie właściwości mechaniczne. Do utworów mieszanych o swoistych właściwościach mechanicznych należy zuber, który w całej swej masie odznacza się pewnym stopniem plastyczności. Natomiast jest rzeczą bardzo znamioną, że warstwy soli gruboziarnistej, pośród na pół plastycznej, lecz nie uwarstwionej masy zubru, uległy połamaniu na wzór zupełnie sztywnych skał płonnych. Wynikało by z tego, że w mechanicznym zachowaniu się danej skały, w czasie procesów tektonicznych odgrywa rolę stopień jej względnej plastyczności w stosunku do skał przyległych, przy czym wchodzi w rachubę także stosunki miąższości.

W podłużnej strefie najsilniejszego sfaldowania serii solnej, w której uformowało się złożę solne Bochni, powierzchnie kontaktu soli i płonnych utworów ilowo-anhydrytowych są powierzchniami znacznej nieciągłości tych ostatnich utworów. Mianowicie, w pasach największych naprężeń mechanicznych sztywne pakiety ilowo-anhydrytowe uległy częściowo wyklinowaniu, częściowo zaś zostały porozrywane, jako nie nadążające w ruchach fałdowych za solami zachowującymi się plastycznie. Dlatego są one nieciągłe w ułożeniu, występują w zredukowanej miąższości, wyklinowują się i urywają, czyli wypadają całkowicie z normalnego następstwa warstw. Wskutek tego w miejscach najsilniejszego, plastycznego wyciągnięcia soli dochodzi do nienormalnego kontaktu kompleksów solnych. Oddziela je wówczas od siebie fuga kontaktowa, w której obserwuje się tu i ówdzie rozwleczone strzępy wyklinowanego utworu płonnego. Oderwane większe lub mniejsze płyty, bryły i okru-

chy, wgniecione w przyległą masę soli i opłynięte przez nią plastycznie, tkwią w niej, jako porwaki (fot. 4).

W przekroju głównej części złoża występują wielkie, oderwane partie utworów ilowo-anhydrytowych w kształcie fałdowych elementów tektonicznych, tj. przeważnie jako łuski fałdowe, pozwalające prześledzić zawikłany przebieg linii fałdowej głównego węzła tektonicznego w złożu. Jak widać ze schematu na fig. 10, ten węzeł tektoniczny składa się z następujących elementów fałdowych.

W południowej części złoża występuje kilka wybitnych fałdów łuskowych, jakie tworzą warstwy drugiego cyklotemu sedymentacji chemicznej, tj. ilowiec łupkowy z przekładańcem ilowo-anhydrytowym wraz z nadległym zubrem górnym, a częściowo także z łupkiem anhydrytowym. Ten ostatni utwór występuje w miąższości zredukowanej do najniższej ławicy, która zawiera pokłady soli kryształowej. Wspomniane łuski, o stosunkowo wysokiej amplitudzie, zachodzą na siebie i pokrywają się w planie złożowym.

Fałdy łuskowe drugiego cyklotemu, wypełniające południową część złoża, uformowały się na plastycznym podłożu soli południowych i zubru dolnego, należących do pierwszego cyklotemu. Te ostatnie utwory uległy bardzo intensywnemu odkłuciu od sztywniejszych utworów spągowych i zostały częściowo wciągnięte do wnętrza wymienionych fałdów łuskowych. Ruchami utworów solnych pierwszego cyklotemu została porwana przyległa część najwyższych utworów spągowych serii solnej, tj. ilowiec marglisty o strukturze łuskowej, czyli il „mydlarka“. W ten sposób w złożu solnym znalazły się utwory z poza serii solnej w postaci porwaków mydlarki, wchłoniętych przez odkłuwającą się masę zubru dolnego i soli południowych. Porwaki te, po części rozprowadzone tektonicznie w postaci rozkruszu, występują tu i ówdzie wśród jądrowej masy elementów antyklinalnych.

Przewodnim elementem tektonicznym, dominującym w południowej części złoża, jest główny fałd łuskowy drugiego cyklotemu. Element ten widoczny jest w obu załączonych przekrojach złoża (tabl. II i II), lecz uwydatnia się szczególnie w jego środkowej części, tj. w przekroju przez szyb Campi. W jądrze głównej antykliny łuskowej występują tutaj silnie wyciągnięte i sprasowane sole południowe i zuber dolny, z porwakowymi gniazdami i rozkruszem spągowego ilu mydlarkowego. W tej jądrowej masie trafiają się tu i ówdzie, lecz stosunkowo rzadko, porwaki litego anhydrytu spągowego w postaci bardzo twardych bloków.

W przekroju złoża przez szyb Campi (tabl. II), w południowym skrzydle głównej antykliny drugiego cyklotemu, które to skrzydło jest razem północnym skrzydłem synkliny przyległej od południa, zachowało

się poniekąd normalne następstwo i miąższość warstw. Natomiast północne skrzydło omawianej antykliny jest częściowo wyprasowane, tak że element ten ma wyraźny charakter łuski, jakby nasuniętej i wgniecionej w sole kompleksu środkowego.

Jak już wspomniano, utwór spągowy trzeciego cyklotemu, tj. łupek anhydrytowy, podścielający sole środkowe, występuje w głównej części złoża w zredukowanej miąższości lub wyklinowuje się całkowicie, szczególnie na skrzydłach fałdów, najwięcej wyciągniętych tektonicznie. Przy tym jest rzeczą bardzo charakterystyczną, że w budowie tej węzłowej części złoża bierze udział tylko najniższy i zarazem najmniej sztywny oddział tego pakietu ilowo-anhydrytowego, tj. z pokładami soli kryształowej. W związku z tym należy przypuszczać, że łupek anhydrytowy w czasie ruchów tektonicznych pod wpływem sił tangencjalnych uległ częściowemu ścięciu w powierzchni uwarstwienia, w którym to zjawisku wkładki soli kryształowej odegrały dominującą rolę.

Łupek ilowo-anhydrytowy, o miąższości zbliżonej do normalnej, znajduje się w „korzeniowej“ partii złoża, która wynurza się na wschodzie. Występują tam duże i grube płyty tego utworu w postaci łusek. Można obserwować je w przekroju przez szyb Sutoris i Floris.

Na sztywnym podłożu z łupku anhydrytowego uległ odkłuciu kompleks soli środkowych, należący do trzeciego cyklotemu serii solnej. W kontakcie tych utworów, o kontrastowych właściwościach mechanicznych, zjawisko odkłucia wykazuje największe nasilenie w złożu solnym. Miarą tego niech będzie od strony podłoża — wybitne rozczłonkowanie soli kompleksu środkowego w łuskach drugiego cyklotemu, od strony zaś nadkładu — zawikłane zazębienie się tych soli z kompleksem soli północnych.

Sole kompleksu północnego odkłuły się od sztywnego stropu serii solnej, a to szczególnie wybitnie w pewnej wąskiej strefie podłużnej i w ten sposób zostały wciągnięte głęboko w sole kompleksu środkowego.

Ilowiec anhydrytowy, rozdzielający sole kompleksu środkowego i północnego, uległ wprawdzie silnym zaburzeniom tektonicznym, a mianowicie drugorzędnemu pofałdowaniu, połamaniu itd., lecz — jako zamknięty między dwoma pakietami warstw o właściwościach plastycznych — zachował się w swoisty sposób. Mianowicie w ogólnym przekroju złoża pasmo tego ilowca anhydrytowego przewija się pośród mas solnych w sposób niejako ciągły. Tenże utwór w strefach największych naprężeń rozciągających na powierzchniach fałdowych wyklinował się i wskutek tego sole środkowe zazębiają się tu i ówdzie bezpośrednio niemal z solami północnymi.

W stosunku tektonicznym złoża solnego do skał otaczających najwięcej znamienne jest zgodne ułożenie najwyższych warstw serii solnej



i formacji nadkładowej w postaci monotonnego ilowca łupkowego o wielkiej miąższości. W przekrojach przez złoże wraz ze skałami otaczającymi rzuca się w oczy, że formacja ta, w pakiecie warstw przyległym do serii solnej, przebiega z góry na dół równoległe do anhydrytu stropowego, na ogół naśladując wszelkie załamania w jego przebiegu z góry na dół. Zatem stwierdzona uprzednio ciągłość sedimentacyjna serii solnej ku górze nie została zaburzona tektonicznie, w przeciwstawieniu do utworów spągowych.

Co się tyczy podłużnego przebiegu wymienionych elementów fałdowych w głównym węźle tektonicznym złoża, to wykazują one znaczną ciągłość. Pod tym względem najwięcej stały okazał się element, który nazwano już przewodnim w tektonice wewnętrznej złoża, tj. główny fałd łuskowy drugiego cyklotemu, dominujący w południowej części złoża. Przebieg podłużnej osi tego fałdu będzie miarodajny dla całego węzła tektonicznego w złożu.

Jak można obliczyć, zestawiając chociażby oba załączone przekroje, oś podłużna przewodniego fałdu łuskowego w przebiegu ze wschodu na zachód, na odcinku Sutoris — Campi zanurza się zrazu pod kątem około  $10^{\circ}$ . Pokazano ją na planie (fig. 3), z którego widać, że kierunki podłużne, zasadnicze w morfologii całego złoża, są niemal równoległe do podłużnych osi jego fałdów wewnętrznych. W ten sposób wyraża się pewna zależność tektoniki wewnętrznej złoża od jego morfologii, a pośrednio także od tektoniki ogólnej w danej okolicy.

Jak już wiadomo, południowa granica złoża solnego jest powierzchnią nasunięcia, wzdłuż którego zostały częściowo ścięte tektonicznie pierwsze cyklotemy serii solnej, odklute od podłoża i silnie sfałdowane. W przekrojach poprzecznych owe przyspągowe ścięcia tektoniczne zaszło w kierunku ukośnym do ogólnego ułożenia fałdów i zapadania warstw złoża.

Złoże solne wraz ze skałami otaczającymi było poddane parokrotnie zaburzającym siłom tektonicznym. Poza okresem głównego sfałdowania łuskowego, kiedy to uformowało się złoże w swej ogólnej masie, zachodziły inne, mniejsze procesy tektoniczne o różnym kierunku i nasileniu. Tak np. w tektonice południowej części złoża zaznaczają się kierunki dyslokacyjne, równoległe do przyspągowego nasunięcia. Ukośne krzyżowanie się tych drugorzędnych kierunków dyslokacyjnych komplikuje znacznie tektonikę wewnętrzną złoża.

Ukośne krzyżowanie się kilku kierunków dyslokacyjnych, zaznaczające się w południowej części złoża, staje się wybitne w skałach spągowych serii solnej. Stąd pochodzi jakby złuskowanie w dużej skali tychże skał, wyrażające się ich klinowym zaszębieniem się. Zapewne fakt ten

uchodzi uwagi niektórych geologów, zajmujących się w ostatnich latach geologią Bochni i stąd pochodzą błędne próby interpretacji tektonicznej, opierające się wyłącznie na domniemanych a mało prawdopodobnych procesach fałdowych.

W tektonice północnej, przyspągowej części złoża zaznacza się wpływ stopniowego załamywania się wielkiego kompleksu warstw stropowych serii solnej, tj. niższego oddziału warstw chodenickich w miarę ich zapadania w głąb. To niejako schodowe zapadanie tych warstw uwydatnia się dość ostro w niższej części złoża, jak to np. widać w przekroju przez szyb Sutoris. Drugorzędne zaburzenia tektoniczne w złożu solnym są po części wynikiem jego dopasowywania się do załamań warstw stropowych.

W rezultacie wszystkich procesów tektonicznych budowa wewnętrzna złoża solnego jest bardzo skomplikowana. Oprócz zasadniczych sfałdowań łuskowych, wymienionych przy ogólnym opisie schematu tektonicznego złoża, nastąpiły inne, mniejsze zaburzenia o charakterze fałdowym lub uskokowym. Tu należy wymienić dodatkowe fałdy z rodzaju wstępujących, czyli postępowych, obok dominujących w złożu fałdów zstępujących, czyli wstecznych, dalej innego rodzaju zaburzenia, tj. dyslokacje fleksuralne, uskokowe oraz inne, należące do paru systemów. Przy tym jest rzeczą charakterystyczną, że w uwarstwionych kompleksach solnych wszelkie zaburzenia tektoniczne odbywały się bezuskokowo, niejako w sposób plastyczny.

Drugorzędne i trzeciorzędne intensywne zaburzenia tektoniczne są tylko odbiciem tektoniki ogólnej, czyli pierwszego rzędu. Przede wszystkim te zaburzenia rzucają się w oczy i są dostrzegalne dla obserwatora w wyrobiskach podziemnych jako zachodzące w małej skali, podczas gdy zaburzenia pierwszorzędne zarysowują się w wyniku konstrukcji przekrojów całego złoża. Te zaburzenia wyższego rzędu można obserwować i studiować w profilach chodników poprzecznych i innych wyrobisk podziemnych a także nawet w grubszych rdzeniach z wierceń. W ciągu paru lat pracy podziemnej, w związku z wykonywanym zdjęciem geologicznym, sporządzono mnóstwo szkiców z natury w skali od 1 : 10 do 1 : 100, które mogą stanowić bogaty materiał dla ilustracji tych drobnych, osobliwych zaburzeń tektonicznych, najbardziej charakterystycznych dla wnętrza złożeń solnych w ogólności.

Najbardziej typowe zaburzenia wewnątrz złoża solnego polegają na kontrastowym zachowaniu się mechanicznym soli i płonnych skał serii solnej pod działaniem sił tektonicznych. Osobliwe zachowanie się soli wynika z jej właściwości fizyko-chemicznych, przy czym na pierwszym miejscu należy wymienić jej podatność na plastyczne odkształcenia pod ciśnieniem oraz niski ciężar objętościowy w porównaniu ze zwykłymi

skalami płonnymi. Z tymi właściwościami wiążą się następujące zjawiska :

1. Plastyczna translokacja. Jest to niejako przepływ masy solnej w obrębie danej warstwy, jaki zachodzi w pewnych warunkach fizykochemicznych, tj. przy określonej temperaturze i ciśnieniu, działającym w odpowiednio długim okresie czasu.

2. Z powyższym wiąże się poniekąd zjawisko intensywnego odkłuwania się soli od sztywniejszych warstw skalnych.

3. W konsekwencji punktu 1 i 2 sól, znajdująca się w silnie pofałdowanym układzie warstw, skupia się w tych przestrzeniach międzyfałdowych, gdzie występują najmniejsze naprężenia ściskające. Zatem sól skupia się zwykle w przegubowych miejscach fałdów, tj. w szczytowych partiach antyklin i w dennych partiach synklin.

4. Zjawisko diapiryzmu, tj. przebijanie się masy solnej poprzez przegubowe miejsca fałdów, czyli w kierunku najmniejszych naprężeń ściskających, wywołanych odpowiednim układem sił tektonicznych.

Wymienione zjawiska oraz inne podobne świadczą niejako o wielkiej ruchliwości soli w procesach tektonicznych.

#### Złoże solne Bochni jako wynik naturalnego wzbogacenia procesami tektonicznymi

Skupienia soli o znaczeniu przemysłowym mogą być wynikiem już samej sedymentacji chemicznej, która doprowadziła do utworzenia się na miejscu pokładów soli na tyle grubych, że nawet w pierwotnym ułożeniu poziomym przedstawiały one wartość przemysłową. Prócz złóż solnych tego rodzaju istnieją jednak złoża, w których skupienia soli o wartości przemysłowej powstały tylko dzięki wtórnym procesom tektonicznym z cienkich i ubogich warstw solnych, które w pierwotnym ułożeniu nie opłacałyby się górniczo.

Niezależnie od wartości górniczej, jaką przedstawiałyby pokłady soli opisanej serii solnej, wypada nam stwierdzić z całym naciskiem, że w złożu solnym Bochni mamy do czynienia z większymi skupieniami soli, które są przeważnie rezultatem wtórnych procesów tektonicznych. Są to więc naturalne wzbogacenia tektoniczne. Najlepszym dowodem tego twierdzenia są szczegółowe przekroje złóża.

Naturalne wzbogacenia tektoniczne w złożu solnym Bochni polegają na opisanych już zjawiskach, związanych z plastycznym zachowaniem się soli w procesach tektonicznych. Najważniejsze z nich wymieniono w czterech punktach. Ponadto, wzbogacenie tektoniczne w złożu solnym po-

lega na wyklinowaniu się i „wypadnięciu“ tektonicznym płonnych utworów serii solnej w miejscach najsilniejszego rozciągnięcia fałdów, w głównym węźle tektonicznym. Jest to widoczne w przekrojach złoża.

To ostatnie zjawisko wyklinowywania się i wypadania tektonicznego warstw płonnych przegradzających sole, zachodzące w małej skali w zaburzeniach drugorzędnych, prowadzi do naturalnej rafinacji soli. W ten sposób kompleks solny zostaje częściowo oczyszczony z przerostów ilowca anhydrytowego.

Większe skupienia soli jadalnej, eksploatowane w złożu Bochni, są więc wynikiem wzbogacenia procesami tektonicznymi, rozmieszczenie ich zaś pozostaje w ścisłym związku z tektoniką wewnętrzną. Naturalne procesy, które doprowadziły do takiej koncentracji soli, zostały przedstawione powyżej.

Jak widać z przekrojów poprzecznych, większe skupienia soli jadalnej powstały w wyniku zbitcia się i scalenia drugorzędnych fałdów solnych, silnie odklutych. Wzbogacone masy solne wypełniają rozszerzone miejsca w tektonicznym węźle złoża i wiążą się z przegubowymi partiami jego elementów fałdowych.

W przekroju złoża przez szyb Sutoris (tabl. III) uwydatnia się kilka miejsc, gdzie doszło do znacznego wzbogacenia poszczególnych kompleksów solnych. Tak np. w górnej, południowej części złoża zwraca uwagę skupienie soli południowych, które powstało ze zbitcia się drugorzędnych fałdów solnych silnie odklutych od przyległych warstw płonnych. Są to fałdy ostre o bardzo stromych skrzydłach, silnie sprasowanych. Tak odkluta i sfaldowana masa tych soli wypełnia przestrzeń między fałdami pierwszego cyklotemu w charakterystycznym przebiegu złoża.

Przedłużenie opisywanego skupienia soli południowych ku górze, tj. w wychodniach złoża, było prawdopodobnie przedmiotem pierwszego odkrycia soli w Bochni w 1251 r. Przemawia za tym także fakt, że właśnie sole tego kompleksu są najwięcej odporne na procesy eluwialne, ponieważ zawierają najmniej przerostów anhydrytowych i są najlepiej izolowane tłustymi ilami.

W części kopalni, udostępniającej powyższą część złoża, znajdują się bardzo stare zroby górnicze, zawalone i zupełnie zagniecione. W jednym z takich wyrobisk, na poziomie F2, na południe od szybu Sutoris, znaleziono zwoje potarganych lin z łyka lipowego, używanych w średniowiecznym kopalnictwie, zanim nie wprowadzono na naszych ziemiach kultury konopi.

Największe skupienie soli w przekroju przez szyb Sutoris, które przedstawiało niegdyś duże bogactwo górnicze, jest związane z miejscem najsilniejszych zaburzeń tektonicznych, mniej więcej w poziomie główne-

go załamania się warstw stropowych serii solnej, gdzie złoże wykazuje największą szerokość. W miejscu tym silnie zazębiają się ze sobą odkłute kompleksy solne, środkowy i północny, kontaktujące ze sobą anormalnie wskutek wyklinowania się łożca anhydrytowego, który je przegradzał. Zarazem doszło tutaj do anormalnego kontaktu soli środkowych z południowymi, częściowo dzięki zjawisku diapiryzmu. Mianowicie w strefie najsilniejszego, równoczesnego odkłucia soli południowych i środkowych doszło do częściowego przebicia się soli południowych poprzez szczyt ostrej antykliny, utworzonej przez wyklinowujący się cyklotem drugi. W konsekwencji, sole południowe zostały wciągnięte częściowo do soli środkowych. Zazębiające się, długie, wyciągnięte języki solne różnych kompleksów tworzą jak gdyby zespół warstw, leżących łagodnie i przegiętych falisto. Tego rodzaju skupienie soli jest wypełnieniem garbu, jaki tworzy złoże od strony północnej.

W niższej części przekroju przez szyb Sutoris bogatsze skupienia soli jadalnej występują w kompleksie środkowym, w jego rozszerzonych partiach, w związku z mniejszymi garbami złoża solnego.

W przekroju złoża przez szyb Campi, podobnie jak w przekroju przez szyb Sutoris, większe wzbogacenie tektoniczne soli południowych przypada w miejscu najsilniejszego odkłucia ich od utworów spągowych, przy przegubowych partiach fałdów łuskowych drugiego cyklotemu. Osobliwą rzeczą jest tutaj występowanie soli południowych w jądrze głównej antykliny tegoż cyklotemu, gdzie były one tu i ówdzie przedmiotem fragmentarycznej, próbnej eksploatacji. Zasadnicze jednak bogactwo soli kompleksu południowego eksploatowane jest przy granicy południowej i stąd pochodzi ich nazwa.

Kompleks soli środkowych na głębokości najszerzej partii złoża uległ również największemu wzbogaceniu, wypełniając zwiększoną przestrzeń między fałdami łożca anhydrytowego czwartego cyklotemu.

W przekroju złoża przez szyb Campi sole kompleksu północnego eksploatowano dorywczo w miejscach wzbogacenia tektonicznego, tj. w silniej odkłutych i rozszerzonych partiach wypełniających wypukłości złoża od strony północnej.

Bogatsze skupienia soli jadalnej w złożu, wymienione przykładowo w przekroju przez szyb Sutoris i Campi, zachowują swoją ciągłość w kierunku podłużnym. Jako ściśle związane z niektórymi partiimi fałdów wewnętrznych złoża, ciągną się one równolegle do podłużnych osi tychże fałdów, tj. zanurzają się w kierunku ze wschodu na zachód pod kątem kilkunastu stopni. Fakt ten rzuca się w oczy z pionowego, podłużnego planu kopalni, z naniesionymi wyrobiskami odbudowy górniczej. Widać to wyraźnie na wspomnianym już starym planie kopalni z 1746 r. oraz na

kilku innych późniejszych. Pochyłe ciągi komór, zanurzające się ze wschodu na zachód, odpowiadają głównym strefom wzbogacenia.

Oczywiście to samo zjawisko podłużnego zanurzania uwydatnia się w drugorzędnej tektonice złoża i w przebiegu „wałów solnych“, utworzonych na fałdowych przegubach poszczególnych warstw solnych.

Co się tyczy morfologii eksploatowanych warstw solnych, to tzw. na kopalni pokłady soli są niczym innym, jak tylko skrzydłami odpowiednich fałdów łuskowych o stosunkowo wysokiej amplitudzie, wskutek czego fałdowy charakter uchodzi uwagi górników. Wobec zbyt skomplikowanej tektoniki wewnętrznej jest rzeczą zrozumiałą, że na kopalnianych przekrojach złoża nanosi się poszczególne warstwy solne jako soczewkowate pokłady, przebiegające wężowato z góry na dół i wreszcie wyklinaujące się tak po wzniosie, jak też po upadzie. Niejasności zaś wynikające z ostrego załamywania się warstw solnych na przegubach fałdów zwykło się tłumaczyć rozgałęzianiem się pokładów na kształt żył kruszcowych. W ten sposób wyobrażano sobie i przedstawiano rysunkiem tektonikę wewnętrzną złoża, poczynając od najdawniejszych szkiców kopalnianych aż do dziś dnia.

100 lat temu, tj. w 1851 r. został opublikowany po raz pierwszy uogólniony i uproszczony przekrój złoża solnego Bochni w opracowaniu A. H a u c h a (9). Autor sporządził go zasadniczo przez środkową część złoża, tj. w południku około (-+) 400, lecz zarazem rzutował na płaszczyznę przekroju ważniejsze szczegóły geologiczne, nawet z najwięcej odległych krańców złoża, zachodnich i wschodnich. Jakkolwiek obraz tektoniki wewnętrznej, nakreślony przez A. H a u c h a, nie odpowiada obecnej znajomości procesów fałdowych, to był on jedynym wzorcowym profilem dla popularnego przedstawiania ogólnych stosunków geologicznych złoża w ciągu ostatniego stulecia i pod tym względem spełnił swoją rolę. Mianowicie, dawał ogólne pojęcie o ułożeniu tego stromego zespołu warstw solnych i o górniczych warunkach eksploatacji. Ponadto, należy podkreślić z uznaniem, że kształt całego złoża solnego, w jego ogólnym profilu, okazuje się zupełnie trafny.

Mylne wyobrażenia o pokładowym charakterze morfologicznym warstw soli, tj. o ich znacznej ciągłości w przebiegu z góry na dół, wpływają ujemnie na planowanie robót górniczych w kopalni. W trakcie bowiem odbudowy rzekomego pokładu soli, prowadzonej z dołu do góry, napotyka się niespodziewanie w stropie komory „przewały szpetnego“, równoznaczne z przegubowymi częściami fałdów. Bywają one często powodem zarzucenia odbudowy w danym miejscu. Toteż dokonanie obserwacji geologicznych w odnośnej części kopalni i zilustrowanie lokalnych

stosunków geologicznych odpowiednimi przekrojami byłoby konieczne dla racjonalnego projektowania robót górniczych w danej warstwie soli.

W związku z powyższym narzuca się ogólna uwaga, że w górnictwie solnym powinno się uwzględniać czynnik geologiczny w większym stopniu aniżeli przy eksploatacji niektórych innych minerałów użytecznych. Pod tym względem górnictwo solne podobne jest do kruszcowego, o żyłnym charakterze morfologicznym złoża.

W tektonice wewnętrznej złoża solnego, tak wyższego jak też niższego rzędu, odbija się w małej skali tektonika ogólne, czyli zewnętrzna, szerszej okolicy złoża w sposób uwielokrotniony. Przy tym znacznie większe jest nasilenie zaburzeń wewnętrznych aniżeli zewnętrznych. Zarazem w budowie wewnętrznej złoża uwydatnia się wyraźnie styl tektoniki regionalnej, jako zespół tych charakterystycznych rysów w zaburzeniach warstw, jakie są osobliwością danego regionu geologicznego.

Na podstawie szczegółowej analizy tektoniki wewnętrznej złoża solnego można by odtworzyć przebieg procesów tektonicznych, które uformowały złoże i doprowadziły do obserwowanych zaburzeń. Zarazem można by określić kolejność tych procesów oraz względne wektory sił tektonicznych, tj. ich kierunek i natężenie działania w czasie. Dzięki kontrastowym właściwościom mechanicznym soli i płonnych skał serii solnej złoże solne jak gdyby czuły sejsmograf zarejestrowało ostro poszczególne ruchy tektoniczne. Prawdopodobnie z „sejsmogramu“ tektoniki wewnętrznej złoża solnego udało by się odczytać i zrekonstruować w rozwinięciu proces formowania się złoża w czasie fałdowych ruchów formacji solonośnej przed nasuwającym się brzegiem Karpat oraz wszelkie późniejsze, dodatkowe ruchy, jak np. dopasowywanie się formacji solonośnej do ruchów głębszego podłoża itd.

#### Proces formowania się złoża i niektóre rysy głębszej tektoniki w okolicy Bochni

Seria solna odgrywała ważną rolę w procesie zaburzeń tektonicznych, jakim podlegała formacja solonośna większego wycinka Podkarpacia zachodniego w szerszej okolicy Bochni. Seria ta stanowiła niejako plastyczną wkładkę między sztywniejszym podłożem formacji solonośnej a wielkim pakietem warstw chodenickich i spełniała poniekąd rolę amortyzatora naprężeń tektonicznych między utworami spągowymi a stropowymi. Naprężenia te znosiły się nawzajem w dużym stopniu kosztem drugorzędnych deformacji wewnątrz serii solnej. Odnosiło się to przeważnie do naprężeń ścinających, wywołanych siłami tangencjalnymi pochodzącymi

od naporu brzegu karpackiego i oporu autochtonu przedgórze. Siły te działały zrazu niemal w płaszczyznach uwarstwienia formacji solonośnej i powodowały nasunięcia, przy czym seria solna stanowiła jakby masę poslizgową dla pakietu warstw stropowych.

Jak już wspomniano, złoża solne Bochni nie znajduje się w miejscu osadzenia się odpowiadającego mu wycinka serii solnej. Wycinek ten stał się częścią składową elementu tektonicznego, który został wypchnięty znacznie na północ przed nasuwającym się brzegiem Karpat.

O ile można zorientować się w budowie geologicznej szerszej okolicy Bochni, to na odcinku kilkunastu kilometrów po rozciągłości brzegu karpackiego formacja solonośna uległa silniejszemu sfałdowaniu i dalszemu wysunięciu elementów fałdowych na północ aniżeli w obszarach przyległych od strony wschodniej i zachodniej. Na odcinku tych kilkunastu kilometrów, na którym znajduje się Bochnia, nasunięcie karpackie osiągnęło większy wymiar. Zjawisko to było zapewne predysponowane tektoniką starszego podłoża i warunkami paleogeograficznymi panującymi w czasie solnej, przy czym od poziomego wykształcenia soli musiał zależeć postęp nasunięcia.

Jest rzeczą charakterystyczną, że złoża solne Bochni przypada na wspomnianym odcinku najdalszego wysunięcia ku północy fałdów formacji solonośnej. Szczególnie część antykliny bocheńskiej, najwięcej wypięta ku północy, na długości kopalni wynoszącej około 3,5 km, przedstawia przemysłowe skupienie soli. Niechaj to będzie potwierdzeniem wniosku podanego uprzednio, że złoża solne Bochni zostało uformowane przez procesy tektoniczne i że przemysłowe skupienie soli jest w przeważnej mierze wynikiem wzbogacenia tektonicznego.

Mechanizm formowania się złoża można by odtworzyć na podstawie jego tektoniki wewnętrznej. Już w okresie pierwszych ruchów górotwórczych, jakie objęły formację solonośną, kiedy to zaczęły uwypuklać się główne antykliny, musiały zarysować się drugorzędne fałdy wewnątrz serii solnej. W strefie, przeznaczonej na północne skrzydło antykliny bocheńskiej, te drugorzędne fałdy serii solnej, odkłuwające się od warstw spągowych, zostały przechylone z północy na południe (fig. 11). W ten sposób znosiły się naprężenia tektoniczne między spągami a stropem serii solnej, wywołane głównie siłami stycznymi, skierowanymi w przeciwną stronę. W dalszym procesie tektonicznym odbywały się pewne ruchy postępowe fałdów formacji solonośnej z południa na północ, przy równoczesnym zapadaniu się podłoża w jednych strefach i wypiętrzaniu się w drugich. Wypadkową tych działań były częściowe ruchy obrotowe fałdów, jakie zarejestrowały się w tektonice wewnętrznej złoża solnego.

Silne spiętrzenie fałdów formacji solonośnej na odcinku Bochni świadczy z jednej strony o większym wymiarze nasunięcia brzegu Karpat,



z drugiej zaś o oporze, jaki stwarzał masyw skalny autochtonu przedgórza Karpat. Przy tym odnosi się wrażenie, że główna antyklina Bochni w swym ruchu postępowym ku północy została jakby przyparta do wspomnianego masywu i wskutek tego ustawiona niemal pionowo w swej najwyższej części. Masyw ten zapadł się z czasem.

W końcowym okresie wygasających ruchów górotwórczych sfałdowana formacja solonośna dostosowywała się tektonicznie do nierówności starszego podłoża. Istnieją fakty, które wskazują na styl tektoniki i na charakter dyslokacji tego podłoża, a przez to pozwalają wnioskować o tworzących je formacjach. Jest to sposób tektonicznego nakładania się i dopasowywania formacji solonośnej do nierówności tego podłoża szeregiem ruchów potomnych. Mianowicie, w profilach złoża, w głębszym zapadaniu jego utworów stropowych, uwydatnia się schodowe załamywanie się warstw. W przekrojach poziomych niższej części złoża zaznaczają się fleksuralne zmiany biegu warstw, zyskujące na ostrości wraz z głębokością a będące plastycznym odbiciem uskokuw poprzecznych podłoża. Takim większym uskokiem spowodowana jest nagła zmiana biegu warstw i fleksuralne przewężenie i wyklinowanie soli w zachodnim końcu kopalni, mniej więcej w południku (—) 1000. Uskok ten znalazł swe odzwierciedlenie w topografii jako głębsza dolina poprzeczna Potoku Chodenickiego, w której leży szyb Trinitatis. W ogóle całe pasmo wychodni serii solnej w okolicy na zachód od Bochni można podzielić na kilka odcinków o nieco odmiennych profilach poprzecznych, co świadczy o uskokuw poprzecznych sztywnego podłoża, do którego formacja solonośna dostosowywała się w sposób dość plastyczny.

Na powyższych podstawach można przypuszczać, że bezpośrednim podłożem miocenu w Bochni jest jedna z masywnych formacji autochtonu przedgórza o tektonice blokowej, będąca wschodnim przedłużeniem antyklinorium krakowskiego.

#### WYCHODNIE ZŁOŻA SOLNEGO I NATURALNE WYŁUGOWANIE SOLI

W czasie wstępnych robót poszukiwawczych w latach 1941 — 1943 stwierdzono najpierw istnienie wychodni złoża solnego w postaci wąskiej czapy gipsowej (fig. 1), na ogół zakrytej utworami czwartorzędu. Nazwano je pasmem gipsów solnych w odróżnieniu od ewentualnych innych wystąpień gipsu. Pasma gipsów solnych stało się następnie przewodnie w poszukiwaniu dalszego ciągu złoża solnego Bochni po rozciągłości na wschód i zachód.

Przypowierzchniowe partie złoża ulegają wylugowaniu z soli, anhydryt zaś przeobraża się w gips pod działaniem wód, które przenikają

z powierzchni w głąb tego stromego zespołu warstw. Głębokość, do jakiej zachodzą wymienione zjawiska, zależy w dużym stopniu od tego, które człony stratygraficzne serii solnej tworzą wychodnie. Przy tym jest rzeczą oczywistą, że grubsze warstwy czystych soli kompleksu środkowego są ługowane najłatwiej. Natomiast, co się tyczy utworów mieszanych serii solnej, to zaobserwowano, że kompleksy solne z gęstymi przerostami anhydrytu, jak np. ilaste sole północne, są bardziej podatne na ługowanie aniżeli ilaste sole południowe i zubry, zawierające stosunkowo mało anhydrytu.

W warunkach hydrogeologicznych okolicy Bochni głębokość, do jakiej zaszło zupełne wylugowanie soli, wynosi przeciętnie kilkadziesiąt metrów, tylko zaś w wyjątkowych przypadkach mniej. Natomiast zupełne lub częściowe przeobrażenie anhydrytu w gips sięga przeszło 100 m.

Wylugowane, przypowierzchniowe partie złoża solnego składają się z ilów, mniej lub więcej zwietrzałych, z warstwami i kongrecjami gipsu. Można zauważyć przy tym, że niektóre skupienia gipsu zachowują kształty pierwotnych kongrecji anhydrytowych, jakie spotyka się na większej głębokości.

Na wychodniach masa gipsu jest więcej odporna na rozmycie aniżeli zwietrzelina ilowa. Wskutek tego dochodzi tutaj do znacznej koncentracji gipsu i do utworzenia się eluwalnego złoża tego minerału w postaci czapy gipsowej.

Materiał czapy gipsowej ulega wtórnemu scementowaniu impregnacjami i żyłami gipsu, które przeważnie posiadają strukturę włóknistą.

Morfologia czapy gipsowej zależy od kilku czynników geologicznych. Stosownie do profilu geologicznego wychodni złoża i ogólnego profilu topograficznego na danym odcinku po rozciągłości gips czapy gromadzi się w rowie eluwalnym, powstałym przez ługowanie soli, albo też tworzy progi.

Obszar wychodni złoża solnego, jak w ogóle okolica Bochni, jest pokryty powłoką utworów czwartorzędowych. Przy badaniu tak zamaskowanych wychodni złoża stwierdzono, że te utwory czwartorzędowe pozostają w pewnym stosunku przestrzennym do nierówności podłoża miocenijskiego. Mianowicie, wychodniom złoża solnego towarzyszy przeważnie większa akumulacja glin plejstocenijskich (fig. 5, profil — 300 i inne). W kotlinie Bochni te chude gliny plejstocenijskie, złożone w znacznym procencie z pyłu kwarcowego, wypełniają grubo podłużny rów eluwalny nad wychodniami złoża. Rów ten jest zbiornikiem wody gruntowej i w nim chude gliny roztwarzają się na gęstopłynną masę, stanowiącą typową kurzawkę. Stąd pochodziły nadzwyczajne trudności przy zgłębianiu szybów w dawnych

wiekach, a nawet przy przebudowie szybu Campi w latach 1909 — 1912 (14).

Na niektórych wyjątkowych odcinkach wychodni złoża solnego o odpowiedniej topografii, gdzie powłoka czwartorzędowa została zniesiona erozyjnie, doszło do odsłonięcia czapy gipsowej. W przedłużeniu złoża

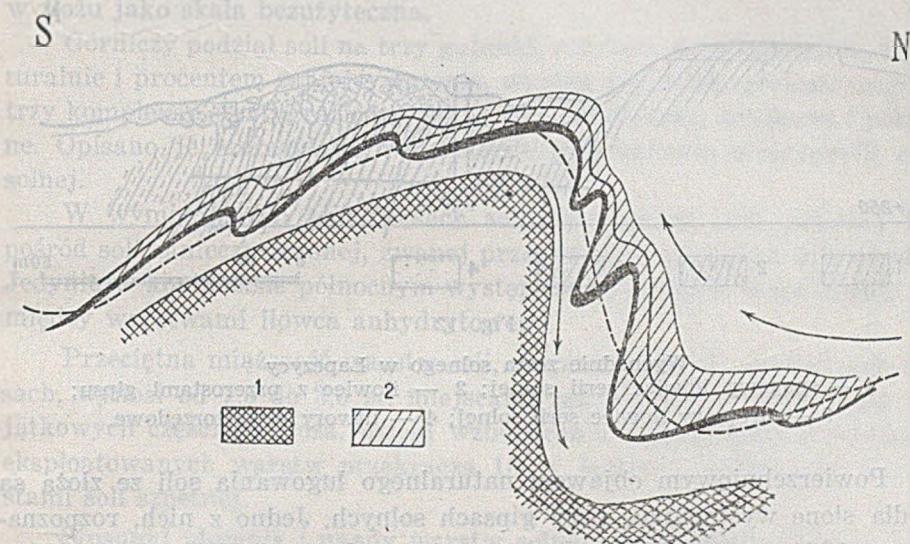


Fig. 11

Szkic formowania się złoża solnego Bochni

1 — podłoże formacji serii mioceńskiej; 2 — warstwy serii solnej

solnego Bochni ku zachodowi odkryto takie bezpośrednie wychodnie złoża na prawym zboczu poprzecznej doliny Potoku Chodenickiego oraz około 1 km dalej na zachód, we wschodnim obramowaniu kotliny łapczyckiej (fig. 1). W tym ostatnim miejscu wychodnie złoża, wypreparowane erozyjnie przez górne, prawe odnogi Potoku Grabowieckiego, tworzą na krótkim odcinku ostry grzbiet. Linia szczytowa tego grzbietu zanurza się ze wschodu na zachód pod denne aluwia kotliny. Te wyjątkowe wychodnie złoża solnego zostały zbadane dokładnie w czasie robót ziemnych (fig. 12). Z szybiku poszukiwawczego o głębokości około 189 m założono tu dwa kierunkowe wiercenia rdzeniowe, które przebiły poprzecznie większy pakiet warstw i dostarczyły ciekawego materiału do studium czapy gipsowej.

W przedłużeniu złoża solnego Bochni ku wschodowi (fig. 1) gipsy czapy występują na krótkim odcinku linii szczytowej Bukowej Góry w Gorzkowie, gdzie przecięto je głębszym rowem poszukiwawczym.

Największe, naturalne i sztuczne odkrywki gipsu w okolicy Bochni są związane ze szczytowym wynurzeniem się południowej antykliny formacji solonośnej we wzgórzu Uzborni, w zboczach nad potokiem Babcica (fig. 1).

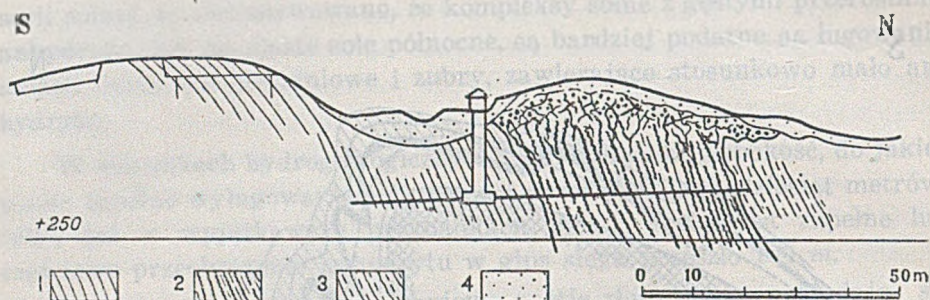


Fig. 12

#### Wychodnie złoża solnego w Łapczycy

- 1 — spągowy iłowiec serii solnej; 2 — iłowiec z przerostami gipsu;  
3 — stropowy iłowiec serii solnej; 4 — utwory czwartorzędowe.

Powierzchniowym objawem naturalnego ługowania soli ze złoża są źródła słone występujące przy gipsach solnych. Jedno z nich, rozpoznane w 1941 r., znajduje się we wspomnianej kotlinie łapczyckiej. Nienaturalne nierówności terenowe w najbliższym sąsiedztwie tego źródła zostały zbadane przy pomocy wierceń i wykopu ziemnego. Okazało się wówczas, że są to stare zwały z gipsem, leżące na metrowej warstwie popiołu. Na tej podstawie można przypuszczać, że właśnie tutaj istniała warzelnia, do której odnosi się wzmianka historyczna z XII-go wieku o soli z Łapczycy (8). Zarazem wydaje się prawdopodobne, że w jakiś czas po opuszczeniu warzelnii prowadzono tu roboty poszukiwawcze za pomocą szybu pionowego, z którego pochodziłby gips znajdujący się w zwalach nad popiołem. Z bagnistego dna przyległego rowu bije słabe źródło słone. Uproszczona analiza wody z tego źródła, wykonana w laboratorium przy warzelnii Saliny Wielickiej w 1942 r., wykazała następujący skład:

$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	0,67 g/litr
$\text{CaSO}_4$	2,97 „
$\text{MgSO}_4$	0,10 „
$\text{MgCl}_2$	0,27 „
$\text{NaCl}$	7,35 „

## GÓRNICZA CHARAKTERYSTYKA ZŁOŻA SOLNEGO I WARUNKI JEGO EKSPLOATACJI

Przedmiotem eksploatacji w złożu solnym Bochni jest głównie sól jadalna o zanieczyszczeniu 1 — 3%, maksymalnie do 5%. Natomiast przeważająca masa soli o zanieczyszczeniu 5 — 15% jest pozostawiana w złożu jako skała bezużyteczna.

Górnicy podział soli na trzy gatunki, różniące się teksturalnie, strukturalnie i procentem zanieczyszczenia, wynika z podziału geologicznego na trzy kompleksy stratygraficzne, tj. na sole południowe, środkowe i północne. Opisano je szczegółowo w rozdziale poświęconym stratygrafii serii solnej.

W wymienionych kompleksach solnych warstwy soli jadalnej leżą pośród soli zanieczyszczonej, zwanej przez starych górników solą szpetną. Jedynie w kompleksie północnym występuje sól jadalna bezpośrednio pomiędzy warstwami ilowca anhydrytowego.

Przeciętna miąższość warstw soli, eksploatowanych w nowszych czasach, wynosi od 1,5 do 3,0 m, miejscami zaś więcej. W niektórych wyjątkowych częściach złoża, dzięki wzbogaceniu tektonicznemu, miąższość eksploatowanych warstw, przekracza 10 m łącznie z mniejszymi przerozami soli szpetnej.

Stosunki ułożenia i upady warstw solnych są przedstawione w przekrojach złoża. W wyższej części złoża przeważają upady strome, niemal pionowe, w niższej zaś mniej strome i średnie, skierowane na południe.

Jak wynika z przedstawionego obrazu tektoniki wewnętrznej złoża, ciągłość ułożenia warstw soli, nadających się do odbudowy, nie jest znaczna. Przy tym jest rzeczą znamioną, że ciągłość monoklinalnego ułożenia w przekrojach poziomych złoża jest kilkakrotnie większa aniżeli w przekrojach pionowych, poprzecznych i na ogół wynosi kilkaset metrów.

Sposób udostępnienia złoża szybami pionowymi i roboty przygotowawcze na poszczególnych poziomach kopalnianych zostały przedstawione pokrótce w jednym z pierwszych rozdziałów.

System odbudowy w kopalni bocheńskiej jest dostosowany do swoich warunków geologicznych. Skały złożowe są dość zwarte, a zarazem stanowią kompleks uwarstwiony o dużej zdolności uginania się. Cechy te pozwalają wykonywać wyrobiska większych wymiarów, które ze względu na swą kubaturę zasługują na miano komór, ponad którymi nie zachodzi nagle załamywanie się stropu (boku wiszącego), lecz powolne i jednostajne osiadanie. Formy ciała kopalnego są niemal pokładowe o miąższości przeważnie średniej; upady są strome i średnie. Przy ręcznym czyszczeniu (przebiórcie) urobku solnego w wyrobiskach odbudowy

otrzymuje się znaczne ilości materiału zanieczyszczonego, który pozostawia się pod ziemią.

W powyższych warunkach przyjął się ogólnie system odbudowy komorami ubierkowymi, z ugięciem się stropu, z podszatką suchą, pełną.

Co się tyczy szczegółów wymienionego systemu odbudowy, to charakterystycznym rozwiązaniem jego była tzw. odbudowa schodowo-stropowa, opisana przez E. W i n d a k i e w i c z a (23). Stosowano ją w dawnych warunkach górniczych. Eksploatowano wówczas wyższe poziomy złoże, wybierając jedynie cienkie warstwy czystej soli pośród soli mniej czystych, pozostawianych w ścianach (bokach) wyrobiska. Schodowa linia przodków, ostro łamana, odpowiadała ówczesnemu sposobowi urabiania ręcznego żelazkiem i młotkiem, przy częściowym użyciu prochu strzelniczego.

Z biegiem czasu, w miarę eksploatacji coraz niższych części złoże, zmieniały się naturalne dane, wpływające na system odbudowy, tj. upady łagodniały, miąższości zaś warstw solnych wzrastały. Zarazem względy ekonomiczne i techniczne zmuszały do wybierania mniej czystych soli, aż do częściowego odsłonięcia przyległych warstw płonnych. Wzrosły więc

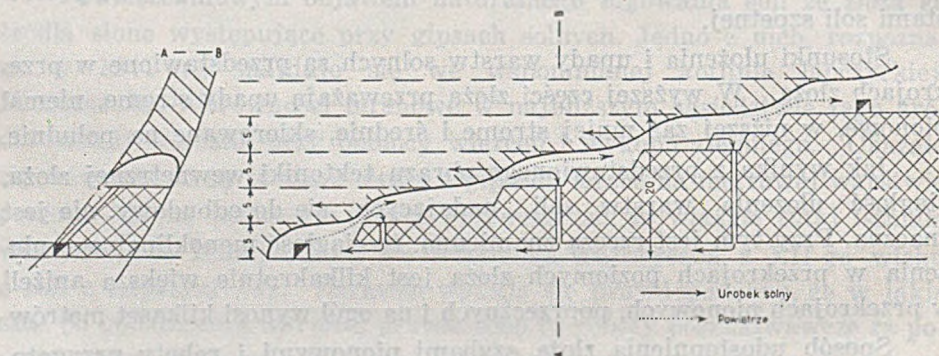


Fig. 13

Idealny system odbudowy w kopalni soli w Bochni

wymiary poprzeczne wyrobisk odbudowy i pogorszyły się warunki utrzymania boku wiszącego. Ponadto, nowoczesne urabianie materiałami wybuchowymi zmieniło podłużną, łamaną linię stropową na łagodnie falistą. Tym sposobem doszło do przekształcenia starego systemu odbudowy w obecny, idealny system przedstawiony na fig. 13. W systemie tym spędza się pokład soli ubierkowo, w kierunku po rozciągłości, przodkami sklepieniowymi o wysokości do 5 m, rozmieszczonymi w sposób, pokazany na fig. 13. Wzorowo utrzymana podłużna linia stropowa stwarza przekątną

ścianę o zarysie falistym. Bardziej szczegółowy opis systemu odbudowy w jego kolejnych stadiach wykracza poza ramy niniejszej pracy.

Pełne rozwinięcie wymienionego, idealnego systemu odbudowy byłoby możliwe tylko w wyjątkowych partiach złoża, o większej ciągłości monoklinalnego ułożenia warstw. W rzeczywistości system odbudowy musi dostosowywać się do zmiennej tektoniki wewnętrznej złoża oraz do zmiennego zanieczyszczenia eksploatowanych warstw soli. Z tym ostatnim wiąże się następująca kalkulacja górnicza.

Eksploatowane warstwy soli zawierają mniej lub więcej przerostów ilastych. W danej warstwie objętościowy stosunek soli jadalnej, uzyskanej odbudową, do całkowitej objętości wyrobiska rozstrzyga o opłacalności eksploatacji. W obecnych warunkach odbudowuje się warstwy o zawartości soli jadalnej  $p = 30 - 70\%$ . Zatem uzyskuje się znaczne ilości skały solnej, która stanowi odpady. Są to tzw. rummy. Jak wynika z przedstawionego systemu odbudowy, wyrobiska odbudowy likwiduje się przez podsadzanie rumami.

Przyjmijmy następujące oznaczenia:

$k$  . . . . . Spółczynnik zwiększenia objętości urobku w stosunku do wybranej calizny, czyli współczynnik rozkruszenia.

$m$  . . . . . Całkowita miąższość eksploatowanej warstwy.

$w$  . . . . . Pochyła wysokość wyrobiska.

$d$  . . . . . Pozioma długość wyrobiska, liczona po rozciągłości.

W danym zagadnieniu interesuje nas wzajemny stosunek dwóch wielkości:

$$\frac{m \cdot w \cdot d \cdot p}{100 \cdot k} \begin{matrix} > \\ \equiv \\ < \end{matrix} m \cdot w \cdot d$$

a więc mamy do czynienia z nadmiarem, wystarczającą ilością, czy brakiem materiału podsadzkowego. Niezależnie od wyrobionej objętości, otrzymujemy następujący warunek na wystarczającą ilość podsadzki:

$$p \cdot k = 100$$

co wyraża hiperboliczną zależność  $p$  od  $k$ .

Spółczynnik  $k$ , stosownie do charakteru skał złożowych w Bochni i przyjętego sposobu urabiania (stopnia rozdrobnienia), wynosi 1,6—1,9. Zatem z ostatniego równania otrzymamy teoretyczne  $p$ , które w praktyce bywa mniejsze wskutek nieszczelności podsadzki.

Jak wynika z powyższego rozważania, przy odbudowie poszczególnych partii złoża możemy mieć do czynienia z nadmiarem lub brakiem rumów. Nadmiar rumów i kosztowny ich transport w obrębie kopalni może

wpłynąć na zmianę szczegółowego planu odbudowy lub nawet uniemożliwić eksploatację.

Oprócz wymienionych czynników geologicznych, tj. morfologicznych nieprawidłowości w ułożeniu warstw solnych i zmiennego stopnia zanieczyszczenia ich, niesystematyczna odbudowa złoża jest spowodowana następującymi względami technicznymi i ekonomicznymi:

1. Znaczny stopień wyeksploatowania złoża i naruszenia go dawniejszymi robotami, niemal w każdej większej partii.

2. Nieracjonalna gospodarka, polegająca na dorywczym eksploatowaniu bogatszych części złoża i zaniedbywaniu wzorowych robót przygotowawczych.

3. Zatrącenie się pierwotnych planów odbudowy wskutek długoletniości robót w poszczególnych partiach złoża i brak konsekwencji w kontynuowaniu przyjętych kierunków robót. Stąd wynikła również znaczna dekoncentracja robót.

4. Nierównomierny zbyt soli gorszego gatunku do celów przemysłowych itd.

W ogólnej, krytycznej ocenie systemu odbudowy i gospodarki złożem rzuca się w oczy, jako najwięcej nieracjonalne, pozostawianie pod ziemią przeciętnie ponad 50% urobku górniczego w postaci soli zanieczyszczonej. Sól ta jest wyzyskiwana częściowo tylko jako materiał podszkawkowy.

Właściwym rozwiązaniem trudności eksploatacyjnych w kopalni Bochni mogłoby być wyzyskiwanie soli zanieczyszczonej, np. przez jej rafinację w odpowiednim zakładzie przeróbki. Ułatwiłoby to znacznie zastosowanie bardziej prawidłowej i systematycznej odbudowy złoża. Projekt tego rodzaju był przedmiotem pracy dyplomowej na Wydziale Górniczym Akademii Górniczej w Krakowie, wykonanej przez Z. Tykę (22).

W porównaniu z innymi złożami soli, które eksploatuje się górniczymi robotami podziemnymi, złoże solne Bochni przedstawia najtrudniejsze warunki geologiczne. W dostosowywaniu się do tych naturalnych warunków w ciągu kilkuset lat uwydatniała się wielokrotnie pionierska myśl i wielki wysiłek górniczy.

Przy obecnym poziomie techniki górniczej w kopalni bocheńskiej, który dźwigał się stopniowo od czasu pierwszej wojny światowej, a podniósł się znacznie w ostatnich kilkunastu latach, roczne wydobycie soli jadalnej wynosi około 60 000 t. Oczywiście w poprzednich okresach było ono znacznie niższe.

Na podstawie statystyki wydobycia z ubiegłego wieku i jeszcze starszych danych historycznych oraz na podstawie swego rodzaju interpo-



lacji można określić w grubym przybliżeniu sumaryczną masę soli jadalnej, wydobytej ze złoża bocheńskiego w ciągu 700 lat eksploatacji. W ten sposób otrzymano około 7 000 000 t jako orientacyjną wielkość całkowitego wydobycia.

Wymienionej masie soli odpowiada objętość około 3 500 000 m<sup>3</sup>. W równomiernym dostosowaniu tej objętości do kształtu całego złoża po odcięciu jego partii krańcowych otrzymamy prostopadłościan o wymiarach: 2500 × 250 × 5,6 m.

Całkowita, łączna objętość wyrobisk górniczych w złożu solnym, odpowiadająca wydobytej soli jadalnej, może być obliczona na około 7 000 000 m<sup>3</sup>. Z tego przynajmniej 3 000 000 m<sup>3</sup> przypada na 500-letni okres ręcznego urabiania twardej skały żelazkiem i młotkiem. Niechaj liczba ta da pojęcie o wielkiej pracy, wykonanej w ciągu kilkuset lat istnienia kopalni.

Złoże solne Bochni, jako pewna całość morfologiczna opisana uprzednio, zostało przebite chodnikami w przeważnej przestrzeni swego występowania. Zarazem najbogatsza strefa złoża, związana z głównym węzłem tektonicznym serii solnej, została już wyeksploatowana, przynajmniej w  $\frac{3}{4}$  swych zasobów soli jadalnej. W strefie tej pozostawione tu i ówdzie połacie soli jadalnej nie są na tyle rozległe, aby można było rozwinąć w nich systematyczną odbudowę, dorywcza zaś ich eksploatacja kończy się zwykle napotkaniem starych zrobów.

Pozostała jeszcze do odkrycia robotami przygotowawczymi najniższa część bogatszej, dolnej strefy, zanurzającej się ku zachodowi, tj. poniżej poziomu C11 (—) 179 m p. p. m., na odcinku od południka (—) 300 do (+) 700, oraz niektóre krańcowe partie złoża ku wschodowi (fig. 3).

Według obliczenia Biura Mierniczego Kopalni, wykonanego na dzień 1-go stycznia 1950 r., zasoby soli jadalnej w złożu, należące do kategorii pewnych, wynoszą około 900 000 t, z czego około 400 000 t przypada na zasoby otwarte, gotowe do odbudowy, a około 500 000 t na zasoby zbędne dostatecznie robotami przygotowawczymi.

Zasoby kategorii prawdopodobnych obejmują wspomniane krańcowe i głębsze partie złoża i są rzędu paru milionów t. Eksploatacja ich musiałaby odbywać się w trudniejszych warunkach górniczych, a opłacalność może być kwestionowana.

Obliczenie zasobów możliwych dotyczy obszarów poza opisanym, właściwym złożem solnym Bochni.

W rezultacie, należy uznać złożo solne Bochni za wyeksploatowane już w przeważnej mierze. W obecnych warunkach gospodarczych i technicznych pozostałe zasoby mogą zapewnić normalny ruch kopalni najwy-

żej na kilkanaście lat. Po tym okresie, na dalsze losy Saliny Bocheńskiej zapewne będzie miała wpływ wielka produkcja czystej soli z nowo odkrytych złóż w środkowej części kraju.

#### WNIOSKI KOŃCOWE

Na podstawie materiałów uzyskanych przez autora w czasie wstępnych robót poszukiwawczych, a następnie uzupełnionych dodatkowymi informacjami, można było ułożyć schemat stratygraficzny oraz wykryć najwięcej uderzający rys tektoniki miocenu okolicy Bochni, tj. wynurzenie się mas fliszowych z głębszego podłoża, w jądrze głównej antykliny formacji solonośnej. Owo wynurzenie fliszu na powierzchni okonturowano na całej jego długości, wynoszącej ponad 5 km. Zarazem udało się określić w przybliżeniu przebieg i sposób zanurzania się antykliny bocheńskiej po rozciągłości, na wschód i zachód. Tym samym określono pozycję znanego złoża solnego w ogólnym przekroju geologicznym Bochni, co było naczelnym zagadnieniem.

Pomimo uzyskanych rezultatów, przedstawionych powyżej, zestawienie dotychczasowych materiałów geologicznych nie daje pełnego profilu okolicy Bochni. Pozostaje jeszcze do wyjaśnienia szereg kwestii, dotyczących zarówno stratygrafii, jak też tektoniki w opisywanym obszarze.

Co się tyczy ważniejszych kwestii stratygraficznych, to na podstawie dotychczasowych materiałów nie jesteśmy w stanie uchwycić granic znacznej zmienności w wykształceniu pionowym i poziomym najniższych warstw formacji solonośnej, jako utworów spągowych serii solnej. Dalej, w ścisłym związku z tematem niniejszej pracy pozostaje wyjaśnienie podobnych zmian facjalnych serii solnej w szerszej okolicy Bochni. To ostatnie wymaga przede wszystkim stratygraficznej korelacji między serią solną Bochni i Wieliczki. Poza tym istnieją duże niejasności, dotyczące wykształcenia litologicznego najwyższych warstw chodenickich, jak też najniższych grabowieckich. Nasuwa się przy tym pytanie, czy pomiędzy warstwami chodenickimi a grabowieckimi istnieje rzeczywiście przerwa sedymentacyjna, niezależnie od ewentualnych zaburzeń tektonicznych i sposobu nakładania się drugiego z tych kompleksów na pierwszy. Uzyskano bowiem fragmentaryczne profile, które zdają się świadczyć o ciągłości sedymentacyjnej i stopniowym przejściu litologicznym od warstw chodenickich do grabowieckich. Wreszcie pozostaje do rozwiązania stratygrafia tych ostatnich.

Powyższe ważne kwestie stratygraficzne będą mogły być rozwiązane tylko równoległe z pozostałymi zagadnieniami tektonicznymi w szerszej okolicy Bochni, nie objętej załączoną mapą.

Niejasności w obrazie tektonicznym badanego obszaru dotyczą głębszego, starszego podłoża formacji solonośnej. W związku z tym wydaje się rzeczą prawdopodobną, że w okolicy Bochni, w podłożu miocenu znajduje się zapadnięty masyw autochtonu przedgórze Karpat, np. jako jedna ze sztywnych formacji mezozoicznych we wschodnim przedłużeniu antyklinalium krakowskiego. Można wnioskować o tym z charakteru dyslokacji owego głębszego podłoża pod antykliną bocheńską. Dyslokacje te odbijają się na zachowaniu się złoże solnego po rozciągłości oraz w przebiegu innych przewodnich warstw formacji solonośnej w okolicy Bochni.

W południowej części przekroju przez Bochnię interesuje nas najwięcej sprawa dalszego ciągu formacji solonośnej pod nasunięciem brzegu karpackiego. Nie znamy również sposobu ani też wymiaru owego nasunięcia.

Rozwiązanie zagadnień geologicznych okolicy Bochni może mieć znaczenie gospodarcze. Dotyczy to przede wszystkim możliwości występowania nowych złóż soli i gazów ziemnych.

Możliwości odkrycia nowych złóż soli poza kopalnią były badane w latach 1940 — 1944. Przeprowadzone wówczas studium geologiczne okolicy Bochni doprowadziło do następującego wniosku praktycznego: istnieje prawdopodobieństwo występowania bogatszych skupień soli poza znanym złożem Bochni. W tym względzie najwięcej interesujące są te wycinki serii solnej Bochni, gdzie mogły zachodzić naturalne wzbogacenia pokładów soli pierwotnie uboższych, a to wskutek odpowiednich zaburzeń tektonicznych.

Jako obszary najdogodniejsze dla poszukiwań górniczych soli uznano najpierw strefy, znajdujące się w przedłużeniu złoże Bochni po rozciągłości, tj. na zachód i wschód. W kierunkach tych przeprowadzono wstępne roboty poszukiwawcze, przygotowując teren do głębszych wierceń. W terenie na zachód od Bochni częściowym sprawdzeniem wniosków z wymienionych robót miało być głębokie wiercenie w Łapczycy, które nie zostało doprowadzone do projektowanej głębokości. Wyniki tego wiercenia można streścić następująco:

Wiercenie „Łapczyca 1“ odkryło złoże solne o nieznaney jeszcze wartości przemysłowej. Znajduje się ono w przedłużeniu złoże solnego Bochni ku zachodowi. Wiercenie przeszło — i zostało zatrzymane w górnej, szczytowej części złoże, gdzie sole są bardzo ubogie. Największa miąższość pionowa przewierconey soli jadalnej szarej wynosi około 1 m. Poza tym przewiercono cieńsze sole, silnie zanieczyszczone łem i anhydrytem. Wobec stromych i falistych upadów warstw nie można wykluczać, że na przewierconey przestrzeni w sąsiedztwie otworu znajdują się

lepsze pokłady soli. Natomiast istnieje duże prawdopodobieństwo, że pokłady soli o przemysłowej wartości napotka się tym otworem poniżej, główne zaś bogactwo złoża leży na głębokości 400 do 500 *m*.

Otwór „Łapczyca 1“ należało by doprowadzić do pierwotnie projektowanej głębokości 500 — 550 *m*.

Co się tyczy możliwości przedłużenia złoża solnego Bochni ku wschodowi, byłoby rzeczą wskazaną wyciągnąć wnioski z dawniejszych robót poszukiwawczych w Gorzkowie, szczególnie z wierceń, projektowanych przez J. N i e d ź w i e d z k i e g o. W obecnym stanie geologicznej znajomości tamtego obszaru można usytuować wiercenie przy gipsach solnych w taki sposób, że wyjaśni ono wartość przemysłową odnośnego wycinka serii solnej.

Jak to już przedstawiono powyżej w rozdziałach poświęconych tektonice, znane złoża solne Bochni, jako ograniczony wycinek serii solnej, jest przykładem wtórnego wzbogacenia tektonicznego, jakie zaszło w północnym skrzydle antykliny bocheńskiej, poniekąd niezależnie od pierwotnego wykształcenia tejże serii. Takie tworzenie się złoża było związane z formowaniem się fałdów formacji solonośnej i ich ruchem postępowym z południa na północ przed nasuwającym się brzegiem Karpat. Podobnie mogły utworzyć się złoża solne w innych częściach fałdów, gdzie wzbogacenie serii solnej w wyniku procesów tektonicznych wydaje się najwięcej prawdopodobne. Wchodzą tutaj w rachubę zarówno niektóre połacie południowego skrzydła antykliny bocheńskiej, jak też obu skrzydeł antykliny Uzborni. Na podstawie wykonanej mapy geologicznej można wskazać obecnie kilka takich miejsc w okolicy Bochni, gdzie prawdopodobieństwo odkrycia złóż solnych w głębokich wierceniach jest stosunkowo duże.

Odnośnie do gazów ziemnych ważne będzie rozstrzygnięcie następującej kwestii: z jakiej formacji skalnej, jako macierzystej, pochodzą owe gazy, a następnie czy istnieje możliwość odkrycia większych ich zbiorników w związku z głębszą tektoniką.

Co do pochodzenia gazów ziemnych, jako pierwsze nasuwa się przypuszczenie, że źródłem ich jest materiał organiczny, rozproszony w formacji solonośnej, a nawet w samej serii solnej (polana lignitu i zwęglony miał roślinny, sole bitumiczne itd.). Jednak równie prawdopodobne okazuje się przypuszczenie, że źródłem gazów są serie fliszowe.

Niezależnie od kwestii macierzystej formacji należy zwrócić uwagę, że dobrymi horyzontami przewodnimi, a zarazem zbiornikami gazów mogą być takie pakiety warstw formacji solonośnej, jak opisane już pła-

skowce w spągu serii solnej oraz serie tufitowe pośród warstw chodeńskich.

W 1946 r. z inicjatywy K. T o ł w i ń s k i e g o rozpoczęto wiercenia w okolicy Bochni celem wyjaśnienia kwestii złóż bitumicznych. Zarazem przedsięwzięto dokładniejsze badania utworów fliszowych w jądrze antykliny bocheńskiej i w nasunięciu brzegu karpackiego. Prace te zapewne wyjaśnią wymienione braki w dotychczasowym przekroju geologicznym Bochni. Pod tym względem najwięcej interesujące i miarodajne będą profile bieżących, głębokich wierceń.

W zakończeniu wypada nadmienić, że prace geologiczne w okolicy Bochni, wykonane przez autora, mogły być podjęte jedynie dzięki uprzedniemu opracowaniu i przygotowaniu tego terenu przez znakomitych geologów dawniejszego okresu, G. B u k o w s k i e g o i jego poprzednika, J. N i e d ź w i e d z k i e g o. Szczególnie mapa geologiczna Podkarpacia okolicy Bochni i odnośne, klasyczne rozprawy G. B u k o w s k i e g o (2 i 5), piękne w swej formie i głębi poruszanych zagadnień geologicznych, były dla autora należytym wprowadzeniem w ten nowy dla niego rejon i podniętą do podjęcia dalszych robót badawczych.

Ostateczne opracowanie tematu niniejszej pracy i przygotowanie publikacji odbyło się w ramach prac Wydziału Geologii Soli Państwowego Instytutu Geologicznego, w r. 1950.

W przytoczonym spisie literatury nie uwzględniono wszystkich publikacji dotyczących geologii Bochni, lecz tylko te, z których autor korzystał w niniejszej pracy.

## PROFILE GEOLOGICZNE OTWORÓW WIERTNICZYCH

## Otwór wiertniczy „G o r z k ó w 1“

Głębokość	O p i s u t w o r ó w
0,0 — 11,0 m	Gliny lodowcowe, żółte i szare.
11,0 — 12,2 „	Il plastyczny, żółtawo-szary.
12,2 — 58,3 „	Il łupkowy, szary.
58,3 — 59,4 „	Piaskowiec ochrowy.
59,4 — 76,4 „	Il łupkowy, szary.
76,4 — 84,2 „	Piaskowiec kruchy.
84,2 — 181,3 „	Il łupkowy, szary.
181,3 — 303,6 „	Il łupkowy, ciemnoszary, o zapachu siarkowodoru. Próbkę tego iltu, z głębokości 181,3 — 230,0 m, przy wysychaniu pokrywają się nieznacznymi wykwitami soli, bliżej nie oznaczonej.

## Otwór wiertniczy „Ł a z y 1“.

Głębokość	O p i s u t w o r ó w
0,0 — 7,2 m	Gлина lodowcowa, żółta.
7,2 — 22,0 „	Il łupkowy, niebieskawo-szary.
22,0 — 24,0 „	Warstwa gipsu ilastego, silnie wodonośna.
24,0 — 41,4 „	Il łupkowy, niebieskawo-szary.
41,4 — 42,2 „	Warstwa gipsu.
42,2 — 49,0 „	Il łupkowy, plastyczny.
49,0 — 50,4 „	Warstwa gipsu.
50,4 — 62,0 „	Il łupkowy, plastyczny.
62,0 — 350,6 „	Il łupkowy, ciemnoszary, o zapachu siarkowodoru. Na głębokości 200 m stwierdzono nieznaczne zasolenie płuczki.
350,6 — 354,1 „	Warstwa twardej skały, nie oznaczonej petrograficznie (utwory tufitowe ?).
354,1 — 403,1 „	Il łupkowy, ciemnoszary, j. w.

Powyższe profile zanotował ś. p. inż. gór. M. M i s z k e w okresie wiercenia. Bliższe objaśnienia znajdują się w zachowanych protokółach wierceń.

## Otwór wiertniczy „Ł a p c z y c a 1“

Głębokość	O p i s u t w o r ó w
0,0 — 3,5 m	Gлина lodowcowa, chuda, żółta.
3,5 — 6,5 „	Il marglisty, plastyczny, ciemnoszary.
6,5 — 26,0 „	Il marglisty, łupkowy, ciemnoszary, z blaszkami pyłu kwarcowego w płaszczyznach uwarstwienia. Zawiera wkładki 1 — 3" twardego marglu, po części krzemionkowego.
26,0 — 27,5 „	Il marglisty, łupkowy, podobnie j. w., słony.
27,5 — 51,1 „	Il marglisty, łupkowy, ciemnoszary, słony, z gipsem w formie kongrecji i nieregularnych przerostów. Na głębokości 37,7 — 38,5 m przewiercono warstwę piasku gipsowego. Na głębokości około 41 m upad warstw — około 50°.
51,1 — 66,0 „	Il marglisty, łupkowy, ciemnoszary, z wkładkami marglu krzemionkowego i syderycznego. Zawiera mniejsze kongrecje gipsu (anhydrytu). Utwór silnie zmięty i częściowo ziustrowany.

66,0 — 90,0 m	Il marglisty, łupkowy, ciemno-szary, z wkładkami twardymi j.w. Rzadkie i nieznaczne żyłki gipsu (anhydrytu).
90,0 — 246,5 „	Il marglisty, ciemnoszary, o strukturze łuskowej i lśniących powierzchniach rozpadu (mydlarka). Zawiera mniejsze i większe okruchy skał fliszowych, na ogół rzadkie i rozmieszczone nieregularnie. Większe okruchy przebijano na głębokości 170 — 235 m. W okruchach tych rozpoznano: 1) łupek ilasty, zielony, 2) łupek menilitowy, brunatny i czarny, 3) piaskowiec średnioziarnisty itd. W ilach marglistych (mydlarka) T. Chlebowski stwierdził obfitą faunę otwornicową.
246,5 — 247,9 „	Okruchowiec solny, tj. okruchy ilu łupkowego i anhydrytu, scementowane solą gruboziarnistą.
247,9 — 248,7 „	Pokład soli szarej. Upad około 55 <sup>0</sup> .
248,7 — 252,5 „	Łupek ilowo-anhydrytowy, przeważnie cienkowarstwowy, z cienkimi przerostami soli gruboziarnistej (sól kryształowa). Całość drobno sfałdowana i pokruszona.
252,5 — 263,5 „	Il marglisty, uwarstwiony naprzemianlegle z anhydrytem, przeważnie w postaci trzewiowca. Upad średni — około 45 <sup>0</sup> .
263,5 — 267,5 „	Il marglisty, łupkowy, czarno-szary. W niektórych płaszczyznach uwarstwienia zawiera milimetrowe warstwy mułku kwarcowego. Utwór znacznie spękany i poniekąd zlustrowany.
267,5 — 283,5 „	Il marglisty, łupkowy, j.w., lecz wybitnie zlustrowany, na głębokości 276,0 — 279,0 m wiercenie przeszło jednostronnie w łupku ilowo-anhydrytowym z solą kryształową.
283,5 — 288,8 „	Sól ilasta, przetkana anhydrytem.
288,8 — 291,2 „	Il marglisty, łupkowy, z cieńszymi warstwami anhydrytu, spękany i zawierający żyły soli. Ułożenie strome.
291,2 — 293,0 „	Sól ilasta, przetkana obficie okruchami anhydrytu i łupku ilastego.
293,0 — 300,0 „	Il marglisty, łupkowy, ciemnoszary, uwarstwiony naprzemianlegle z anhydrytem, przeważnie w postaci trzewiowca. Ułożenie bardzo strome, z przechyleniami.
300,0 — 307,3 „	Il marglisty, łupkowy, ciemnoszary, z rzadkimi płytami anhydrytu. Żyłki soli. Ułożenie niemal pionowe. Znaczne zlustrowanie.

### Otwór wiertniczy „Chodzenie 1”

Głębokość	Opis utworów
0,0 — 5,4 m	Glina.
5,4 — 14,7 „	Piasek ze żwirem.
14,7 — 18,0 „	Il piaszczysty, szary.
18,0 — 59,0 „	Piasek zbity (piaskowiec kruchy), jasnoszary.
59,0 — 60,0 „	Piaskowiec szary, z okruchami skorup mięczaków (piaszczyzny zlepniec muszlowy).
60,0 — 68,0 „	Piasek zbity, uwarstwiony, jasnoszary, z wkładkami ilu szarego.
68,0 — 84,5 „	Iły łupkowe, szare, z wkładkami piasku, z lokalnymi, cienkimi warstewkami zwęglonego mialu roślinnego.
84,5 — 93,0 „	Iły łupkowe, szare, z cienkimi wkładkami piasku. Miejscami zawierają skorupy mięczaków i mnóstwo otwornic.
93,0 — 126,5 „	Iły łupkowe, szare, z wkładkami piasku. Miejscami zawierają warstewki zwęglonego mialu roślinnego.

- 126,5 — 129,5 m Zlepieniec ilasty, muszlowy. Zawiera skorupki otwornic.  
 129,5 — 212,0 „ Iły łupkowe, szare, z wkładkami piasku. Miejscami zawierają cienkie warstewki zwęglonego mialu roślinnego.  
 212,0 — 213,0 „ Zlepieniec ilasty, muszlowy, j. w.  
 215,0 — 225,0 „ Iły łupkowe, szare, z lokalnymi cienkimi warstewkami zwęglonego mialu roślinnego.

Ułożenie warstw — niemal poziome (1 — 3°). Z głębokości około 55 m uzyskano wodę artestyjską.

Faunę przewierconych warstw oznaczał T. Chlebowski.

### Otwór wiertniczy „Bochnia 3“

Głębokość	Opis utworów
0,0 — 2,5 m	Ił zwiertzelinowy, brunatny i żółto-szary.
2,5 — 9,0 „	Ił marglisty popielato-szary z gipsem.
9,0 — 112,0 „	Iłowiec marglisty, popielato szary, nie uwarstwiony, o strukturze falisto przekątnej czyli łuskowej i o lśniących powierzchniach rozpadu. Jest to znamieny utwór, zwany w kopalni mydiarką.
112,0 — 117,0 „	Iłowiec j. w., lecz po części łupkowy i tylko nieznacznie marglisty, słony.
117,0 — 125,0 „	Iłowiec j.w., z gipsem i anhydrytem po części zmienionym w gips, w postaci konkrecji i żył oraz z mniejszymi przerostami soli.
125,0 — 161,0 „	Iłowiec przeważnie marglisty, ciemnoszary, nie uwarstwiony, o strukturze łuskowej, zawierający grube ziarna soli oraz rzadko drobne konkrecje anhydrytu w postaci gron. Jest to więc ił solny, tzw. zuber. Zawiera gniazda iłowca marglistego, łuskowego, bezsolnego (mydiarka).
161,0 — 200,0 „	Iłowiec przeważnie niemarglisty, ciemnoszary, łupkowy, słony (zasolenie płuczka?). Zawiera całowe przerosty (wkładki) mułowca, po części krzemionkowego oraz przerosty (wtrącenia?) mułowca i piaskowca drobnoziarnistego, z mąką muskowitzową, szarego, kruchego. Utwór znacznie zaburzony tektonicznie i po części zlustrowany.
200,0 — 215,0 „	Iłowiec marglisty, ciemnoszary, przeważnie łupkowy, w mniejszej zaś części o strukturze łuskowej, silnie zaburzony tektonicznie i zlustrowany. Zawiera kilkocalowe przerosty łupku marglowego, szarego cienkowarstwowego o strukturze trzewiowcowej. Na głębokości około 209,0 m łupek ten ma upad około 66°.
215,0 — 221,5 „	Piaskowiec marglisty, drobnoziarnisty, zawierający obficie mąkę muskowitzową, szary, kruchy, masywny lub nieznacznie uwarstwiony oraz takiż mułowiec, po części łupkowy. Miejscami zawiera nieznaczne wtrącenia drobnego rozkruszu lignitowego. Na głębokości około 221,0 m zaznacza się upad około 12°.
221,5 — 227,0 „	Piaskowiec i mułowiec marglisty j. w., z przerostami iłu marglistego, ciemnoszarego i czarnego.
227,0 — 247,5 „	Piaskowiec marglisty, jak na głębokości 215,0 — 221,5 m, lecz zawierający także warstwę o grubszym ziarnie, z drobnymi otoczakami (1 — 2 mm) i okruciami skalnymi oraz z lokalnymi wprysnięciami iłu marglistego, czarnego. Ponadto zawiera lokalne cienkie



- przerosty marglu z mąką muskowitową, ciemnobrunatnego i czarnego, cienko warstwowego, tj. o strukturze księgowej.
- 247,5 — 253,5 m Utwór złożony z naprzemianległych warstw piaskowca i łowca, podobnie jak na głębokości 221,5 — 227,0 m.
- 253,5 — 263,0 „ Łupek marglisty, ciemnoszary, dość twardy. Zaznaczają się wyraźnie następujące upady: 1) na głębokości 254,0 m — 45°; 2) na głębokości 257,0 m — 15°.
- 263,0 — 364,9 „ Łowiec marglisty, ciemnoszary, przeważnie o strukturze łuskowej, miejscami zaś łupkowy, silnie zaburzony tektonicznie. Zawiera przerosty i wtrącenia skał, opisanych powyżej, tj. piaskowca, mułowca i łupku marglistego.

### Otwór wiertniczy „Bochnia 4“.

Głębokość	Opis utworów
0,0 — 1,5 m	Il zwietrzelinowy, brunatny i żółto-szary.
1,5 — 15,5 „	Gips w postaci brył w ile, przeważnie marglistym, ciemnoszarym.
15,5 — 20,0 „	Il ciemnoszary, miejscami zawierający ziarna i żyły gipsu.
20,0 — 53,5 „	Łowiec marglisty, ciemnoszary, nie uwarstwiony, o strukturze łuskowej i o lśniących powierzchniach rozpadu (mydlarka).
53,5 — 76,0 „	Gips w ile, o strukturze eluwalnego druzgotu, spojonego wtórnie impregnacjami i żyłami gipsu.
76,0 — 82,5 „	Łowiec marglisty, ciemnoszary, łuskowy.
82,5 — 87,0 „	Gips w ile, j. w. Zawiera kilka gniazdek skały dolomitycznej, jasnoszarej.
87,0 — 102,6 „	Anhydryt i gips w ile. Utwór o strukturze eluwalnego druzgotu, spojonego wtórnie gipsem. Na głębokości około 96,0 m zawiera kilka centymetrów żył soli.
102,6 — 141,0 „	Łowiec marglisty, ciemnoszary, łuskowy. Na głębokości 131,0—131,5 m zawiera wtrącenia anhydrytu i gipsu, spojonego częściowo substancją dolomityczną.
141,0 — 177,8 „	Łowiec przeważnie niemarglisty, słony, miejscami o strukturze łupkowej, znacznie zaburzonej, miejscami zaś łuskowej. Na głębokości około 150,0 m, pośród utworu łuskowego leży gniazdo gipsu ilastego miąższości około 0,7 m.
177,8 — 183,3 „	Anhydryt w postaci konkrecji przerośniętych ilem.
183,3 — 192,8 „	Łowiec ciemnoszary, nie uwarstwiony, zawierający grube warstwy soli, a w małej ilości także grona anhydrytu. Zawiera mniejsze gniazda i bryły soli gruboziarnistej i jest poprzecinany żyłami soli włóknistej. Jest to więc typowy il solny, czyli zuber.
192,8 — 221,3 „	Il marglisty, ciemnoszary, łuskowy, z gniazdami zubru na głębokościach: 201,0 — 202,0 m, 208,2 — 209,5 m i 220,0 — 221,3 m.
221,3 — 222,8 „	Sól gruboziarnista, wykształcona nierównomiernie; czysta i zanieczyszczona ilem i krupami anhydrytu. Przy rozbijaniu wydaje zapach bitumiczny.
222,8 — 226,5 „	Łowiec ciemnoszary, uwarstwiony decymetrowo, naprzemianległe z anhydrytem, w postaci trzewiowca.
226,5 — 228,8 „	Łowiec niewyraźnie marglisty, ciemnoszary, przeważnie łupkowy i znacznie zlustrowany. Upad warstw wynosi 15 — 30°.

- 228,8 — 233,8 m Iłowiec j.w., z 4-ma przerostami (0,2—0,5 m) soli jak na głębokości 221,3—222,8 m. Upad warstw wynosi 15—20°.
- 233,8 — 254,8 „ Iłowiec marglisty, ciemnoszary, w górnej części o strukturze łuskowej, w środkowej zaś i dolnej przeważnie łupkowy i z przerostami zwięzłego łupku marglistego, j. w. Utwór silnie zaburzony tektonicznie i po części rozbity aż do stanu druzgotu, spojonego wtórnie.
- 254,8 — 258,0 „ Łupak marglisty, ciemnoszary, zwięzły, silnie zaburzony tektonicznie.
- 258,0 — 264,5 „ Zrazu mułowiec marglisty, szary, nieznacznie łupkowy, przechodzący w podobny piaskowiec drobnoziarnisty, marglisty, z mąką muskowitową, szary. Miejscami piaskowiec ten zawiera cieńsze przerosty zlepieńcowe, tj. z licznymi, drobnymi (1 — 3 mm) otoczkami i okruchami kwarcu, muskowitu, zielonych łupków metamorficzny itd. Opisany piaskowiec przechodzi ku dołowi znów w mułowiec j. w.
- 264,5 — 272,8 „ Iłowiec marglisty, ciemnoszary. Na głębokości 267,5 — 268,0 m zawiera przerost mułowca marglistego j. w.
- 272,8 — 279,0 „ Mułowiec marglisty j. w., z kilkoma przerostami łowca marglistego, ciemnoszarego.
- 279,0 — 286,5 „ Iłowiec marglisty, ciemnoszary i czarny, bez widocznego uwarstwienia, lecz wybitnie zlustrowany i przeważnie łuskowy. Zawiera kilka mniejszych przerostów mułowca marglistego j. w.
- 286,5 — 292,0 „ Iłowiec marglisty j. w.
- 292,0 — 320,0 „ Iłowiec marglisty, ciemnoszary, podobny do powyższego, z kilkoma przerostami łupku marglistego j. w. Utwór silnie zaburzony i rozbity tektonicznie.
- 320,0 — 338,0 „ Iłowiec marglisty, ciemnoszary, z mułowcem i piaskowcem marglistym j. w. Utwór silnie zaburzony tektonicznie.
- 338,0 — 351,2 „ Mułowiec i piaskowiec marglisty, drobno- i średnioziarnisty, szary z mąką muskowitową, podobny do opisanego powyżej.

## L I T E R A T U R A

1. Bohdanowicz K. — Działalność Państwowego Instytutu Geologicznego w roku 1937—1938. *Przegl. Gór.-Hutn.* 30, Katowice 1938.
2. Bukowski G. — Kilka uwag o tektonice pasa miocenijskiego w okolicy Bochni (Quelques remarques sur la tectonique du terrain miocène aux environs de Bochnia). *Państw. Inst. Geol. Sprawozd.* 1, Warszawa 1921.
3. Bukowski G. — Spostrzeżenia geologiczne w podkarpackiej strefie okolic Bochni (Observations géologiques dans la zone subcarpathique des environs de Bochnia). *Państw. Inst. Geol. Sprawozd.* 2, Warszawa 1923.
4. Bukowski G. — Badania na terenie miocenijskim na wschód od Bochni i na wschód od Wieliczki (Recherches dans le terrain miocène à l'Est de Bochnia et à l'Est de Wieliczka). *Państw. Inst. Geol. Sprawozd.* 2, Warszawa 1924.
5. Bukowski G. — Objaśnienie szczegółowej mapy geologicznej strefy podkarpackiej w okolicach Bochni (Erläuterung zur geologischen Detailkarte der subkarpathischen Zone von Bochnia). *Państw. Inst. Geol. Sprawozd.* 7, Warszawa 1932.
6. Drak J. — Das Salzlager in Bochnia. *Osterreichische Zeitschrift für Berg und Hüttenwesen*, Wien 1869.
7. Fischer S. — Kazimierz Wielki, jego stosunek do Bochni i Bocheńszczyzny. Bochnia 1934.
8. Fischer S. — Szkic dziejów bocheńskich salin. Maszynopis w Zarządzie Saliny Bochni. Bochnia 1941.
9. Hauch A. — Die Lagerungsverhältnisse und der Abbau des Steinsalzlagers zu Bochnia in Galizien. *Geol. R. — A. Jahrb.* Wien 1851.
10. Kamiński M. — O tufach wulkanicznych przedgórze Karpat (Sur les tufs volcaniques de l'avant-pays des Carpates). *Arch. Miner.* 12, Warszawa 1936.
11. Kuhl J. — Budowa geologiczna złóż soli kamiennej w Bochni i Wielicze. *Przegl. Gór.-Hutn.* 24, Katowice 1932.
12. Kusto B. — Z petrografii soli kamiennej w Bochni (Zur Petrographie des Steinsalzes von Bochnia). *Pol. Tow. Geol. Rocznik*, t. 7, Kraków 1931.
13. Lotze F. — Steinsalz und Kalisalze Geologie. *Gebr. Borntraeger*, Berlin 1938.
14. Naturski J. — Einige interessante Gebirgserscheinungen des Schachtes „Campi“ in Bochnia. *Montan. Rundschau*, Wien 1912.
15. Niedźwiedzki J. — Stosunki geologiczne formacji solonośnej Wieliczki i Bochni. *Kosmos*, t. V, Lwów 1883 — 1886.
16. Nowak J. — Dniestr a gipsy tortońskie (Das Dniestr Fluss und die tortonen Gipse). *Pol. Tow. Geol. Rocznik*, t. 14, Kraków 1938.
17. Nowak J. — Miocen północnej krawędzi Karpat (The Miocene of the northern border of the Carpathians). *Pol. Tow. Geol. Rocznik*, t. 17, Kraków 1948.
18. Pettijohn F. J. — Sedimentary rocks. *Harper's Geoscience Series*, New York 1949.
19. Piestrak F. — Alte Schächte des Salzbergwerkes in Bochnia. *Osterreichische Zeitschrift für Berg und Hüttenwesen*, Wien 1902.

- 20. Pusch G. G. — Geognostisch bergmännische Reise durch einen Thiel der Karpathen etc. Leipzig 1824.
- 21. Twenhofel W. H. — Principles of sedimentation. McGraw-Hill Book Co. New York — London 1939.
- 22. Tyka Z. — Projekt odbudowy pokładów soli w kopalni Bochni. Maszynopis w Wydziale Górniczym Akad. Gór.-Hutn. Kraków 1946.
- 23. Windakiewicz E. — Solnictwo. Sole kamienne, potasowe i solanki. I/II, Kraków 1926.

2. Bukowski J. — Geognostische Reise durch einen Thiel der Karpathen etc. Leipzig 1824.  
 3. Twenhofel W. H. — Principles of sedimentation. McGraw-Hill Book Co. New York — London 1939.  
 4. Tyka Z. — Projekt odbudowy pokładów soli w kopalni Bochni. Maszynopis w Wydziale Górniczym Akad. Gór.-Hutn. Kraków 1946.  
 5. Windakiewicz E. — Solnictwo. Sole kamienne, potasowe i solanki. I/II, Kraków 1926.  
 6. ...  
 7. ...  
 8. ...  
 9. ...  
 10. ...  
 11. ...  
 12. ...  
 13. ...  
 14. ...  
 15. ...  
 16. ...  
 17. ...  
 18. ...  
 19. ...

ЮЗЕФ ПОВОРСКИЙ

## СОЛЯНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ БОХНИ НА ГЕОЛОГИЧЕСКОМ ФОНЕ ОКРЕСТНОСТИ

(с 3 табл., 4 фот. и 13 фиг. в тексте)

### РЕЗЮМЕ

### ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
Введение . . . . .	101
Схема геологии окрестности Бохни и расположение соляного месторожде- ния в ее общем разрезе . . . . .	103
Литология и стратиграфия соляной серии Бохни и ее подошвенных обра- зований . . . . .	107
Условия седиментации соляной серии Бохни . . . . .	113
Морфология месторождения . . . . .	120
Внутренняя тектоника месторождения . . . . .	123
Процесс формирования месторождения и некоторые черты глубинной тектоники в окрестности Бохни . . . . .	126
Выходы соляного месторождения и естественное выщелачивание соли . . . . .	127
Горно-техническая характеристика месторождения и условия его экс- плоатации . . . . .	128
Заключительные выводы . . . . .	129

## С о д е р ж а н и е

На северном предгорьи Карпат выступает миоценовая соленосная формация. На краю западных Карпат содержит она известные соляные месторождения Велички и Вохни. Темой для данного труда послужил вопрос соляного месторождения Вохни на фоне геологии окрестности, т. е. в тесной генетической связи с геологической историей окрестного отрезка Прикарпатия.

Данное месторождение было вскрыто и исследовано горно-проходческими работами, которые производятся еще с половины XIII века вплоть до настоящего времени.

Соляная серия, как состав слоев с гипсом, ангидритом и солью, является одним из низших стратиграфических отделов миоценовой формации в окрестностях Вохни. Эта формация подверглась складчатым изменениям и значительному поднятию перед надвигающимся краем Карпат. В монографическом описании соляного месторождения прежде всего показано его положение в общем геологическом разрезе окрестности Вохни (геологическая карта и разрез, фиг. 1 и 2). Месторождение расположено на северном крыле так называемой бохненской антиклинали, какую образует соленосная формация. Следовательно представлена стратиграфия соляной серии и ее почвенных образований. На основании детального стратиграфического профиля произведена диаграмма напряжения химической седиментации в образовании этой серии (фиг. 8) и сделаны усилия восстановления условий седиментации.

В последующей части данного труда описана морфология месторождения, представленная графически, т. е. в продольном и вертикальном плане (фиг. 3), в горизонтальном разрезе (фиг. 4) и в ряде контурных профилей залежи (фиг. 5). Таким образом выяснены совершенно условия залегания месторождения, как некоторого пространного целого, по отношению к окружающим породам, т. е. его внешняя тектоника. Особое внимание, однако, посвящается внутренней тектонике соляного месторождения.

На основании детальных разрезов залежи (таблица I, II, III) автор проанализировал запутанные отношения залегания слоев в месторождении, подготовил тектонические схемы (таблица II и III) и в результате тектонической интерпретации пришел к выводу, что большие концентрации соли в залежах являются результатом естественного тектонического обогащения.

В результате всех тектонических обсуждений, автор добивается обнаружить процесс формирования залежи перед надвигающимся краем Карпат.

В горной характеристике месторождения представлены трудные условия его разработки, системы эксплуатации (фиг. 13), степень эксплуатации месторождения и оставшиеся запасы. В результате всего этого можно было бы заключить, что соляное месторождение Бохни — охваченное копиями — близкое к истощению.

В заключение упомянуты геологические вопросы в широкой окрестности Бохни.

Одновременно рассмотрены перспективы открытия новых соляных месторождений и указаны некоторые направления для разведочных работ.

## ВВЕДЕНИЕ

Вдоль северного края Карпат простирается миоценовая соленосная формация, содержащая соляные залежи. При крае западных Карпат известны с давних времен месторождения Велички и Бохни, из которых первое расположено на расстоянии 12 км, а второе в 40 км на восток от Кракова.

Предметом обсуждения настоящего труда является соляное месторождение Бохни, рассматриваемое на геологическом фоне окрестности, т. е. в тесной генетической связи с геологической историей отрезка Прикарпатия.

Соляное месторождение Бохни было обнаружено и исследовано горнопроходческими работами еще с половины XIII века вплоть до настоящего времени. Согласно новым историческим источникам, каменная соль в Бохни была обнаружена в 1251 г. В 1951 г. совпало 700-летие существования соляных копей.

Как геологический фон соляного месторождения Бохни, принят отрезок Прикарпатия, шириною в несколько километров и длиной около 12 километров (фиг. 1), т. е. от села Лазы на востоке, через город Бохня до села Мощеница на западе. Район этот вместе с его протяжением к западу до Хэлма на Рабе, можно геологически выделить, как бохненское Прикарпатие.

С топографической точки зрения бохненское Прикарпатие отличается в виде протягивающегося пояса возвышенностей, высотой до 300 м. С южной стороны пояс этот прилегает к краю карпатского хребта и простирается параллельно к нему с востока на запад. С северной стороны он граничит с низменностью реки Рабы и Вислы.

Структура бохненского Прикарпатия в своей преобладающей массе состоит из миоценовых образований. Предшествующие исследователи этого района, как Ю. Н е д з в е д з к и й, а впоследствии Г. Б у к о в с к и й разделили миоцен на два отдела по возрасту, т. е. на старшие ходеницкие слои и младшие грабовецкие слои. Ходеницкие слои

известны тоже как соленосная формация, в виду того, что содержат соляную серию.

Под соляной серией автор понимает состав слоев, в котором содержатся преимущественно такие продукты химической седиментации, как гипс, ангидрит и соль.

Соляная серия является важной стратиграфической формацией соленосного района Бохни, т. е. слоев ходеницких. Данная серия образует значительную протяжимость в залегании на большом пространстве западного Прикарпатия. Зато соляное месторождение, с концентрацией соли промышленного значения, является только отрезком соляной серии, длиною в несколько км.

Последние исследования соляных месторождений показали, что данная концентрация соли является результатом естественного тектонического обогащения, т. е. что первичные тонкие пласты подверглись концентрации под влиянием тектонических процессов.

Миоценовые образования окрестности Бохни покрыты почти на всем своем протяжении четвертичными отложениями. Кровлю эту образуют тонкие глины послеледникового периода и речные наносы.

Естественные обнажения миоцена бывают редкими явлениями и не очень ясными. Кроме того основание миоцена в своей приповерхностной партии очень сильно разрушено (интенсивные элювиальные явления, склоновые оползни, вторичное преобразование некоторых химических седиментов и т. д.).

В упомянутых поверхностных условиях, исследование глубоких геологических отношений простыми картографическими методами не является возможным. С этой целью необходимо произвести бурение и искусственное обнажение. Только благодаря такого рода работам, приготовлена открытая геологическая карта (фиг. 1) и соответствующий разрез А—В (фиг. 2).

Для ознакомления с геологическими условиями окрестности Бохни громадное значение имеет бохненская соляная копь, которая обнажает соляное месторождение и окружающие его породы до глубины свыше 400 м. Кроме того, большое количество геологических материалов предоставили горноразведочные работы на соль, произведенные соляными копиями в различных периодах времени. Бохненская соляная копь производила разведочные работы в районе на восток от Бохни в начале и в конце XIX века. Именно благодаря этим работам возникли профили глубоких бурений Горжкув 1 и Лазы 1, однако основные геологические материалы к настоящему труду собраны с помощью разведочных работ автора в районе указанном в при-



лагаемой карте (фиг. 1). Исполнено тогда около 300 мелких ручных бурений, ряд разведочных канав, несколько мелких шахт и 2 глубокие бурения (Лапчица 1 и Ходенице 1). Этими работами руководил автор.

Геологические результаты перечисленных работ возбудили большой интерес. В результате этого начато производить глубокие бурения в окрестностях Бохни в 1946 г. с тем, чтобы выяснить возможность нахождения битуминозных месторождений. Бурения эти производятся до настоящего времени. Автор в своем труде использовал профили только тех послевоенных бурений, которые исполнены в самой Бохни, т. е. Бохня 3 и Бохня 4.

#### СХЕМА ГЕОЛОГИИ ОКРЕСТНОСТИ БОХНИ И РАСПОЛОЖЕНИЕ СОЛЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ЕЕ ОБЩЕМ РАЗРЕЗЕ

Миоценовые образования окрестности Бохни принадлежат к тортонскому ярусу. Как уже упомянуто, делятся они на два большие комплексы, т. е. на так называемые ходеницкие слои (соляная формация), как старшие, и грабовецкие слои, как младшие. В литологическом отношении, ходеницкие слои представляют собой большой комплекс слоев, мощностью свыше 300 м.

В своем большинстве это мергелистая темносерая глина. В этом монотонном глинистом комплексе обращают на себя внимание светло-серые и белые седименты, содержащие характерные минеральные элементы вулканического происхождения. Затем здесь имеются туфиты. Ввиду того, что материал этих седиментов здесь доминирует, выделяются макроскопически туфиты глинистые (каолинитовые?), песчаные (кварцевые) и кремнистые (опаловые).

Туфитовые слои разделены нормальными глинистыми отложениями и выступают в свитах, которые носят название — туфитовые серии. В профиле ходеницких слоев выступают, по крайней мере, две туфитовые серии, т. е. нижняя мощностью около 15 м и верхняя очень нерегулярная, в несколько метров; признаны они как ведущие стратиграфические горизонты соленосной формации окрестности Бохни.

Соляная серия является свитой каменной соли, ангидрита и мергелистой глины общей мощностью свыше 70 м. Данная свита залегает в нижней части ходеницких слоев.

В подошве соляной серии залегают глинистые седименты, с переменной мощностью. Имеют они частично характер брекчий, как самые

низкие миоценовые образования, которые трансгрессируют на более старшем основании. Подробно описано это в следующей главе.

Литологическое образование самой высокой части ходеницких слоев не является еще достаточно известным.

Относительно перечисленных руководящих отложений составлена следующая стратиграфическая схема ходеницких слоев.

Формация	Отдел	Руководящие отложения
Ходеницкие слои т.е. соленосная формация	верхний	?
		туфитовая серия, верхняя
	средний	туфитовая серия, нижняя
	нижний	соляная серия
		подошвенные отложения соляной серии

Мощность отдельных свит ходеницких слоев может быть взята в среднем с прилагаемого поперечного разреза (фиг. 2).

В пределах описанного района, ходеницкие слои являются частично покрытыми грабовецкими слоями, в виде отложений младшей ингрессии. Нижняя часть этого комплекса, в своем большинстве глинистая, в противопоставлении по отношению к части верхней преиму-

щественно песчанистой. Тектонические соотношения исследованного района представляются в следующем виде.

На отрезке более 10 км бохненского Прикарпатия, соленосная формация подверглась складчатым изменениям и сильному поднятию перед надвигающимся краем Карпат. Таким образом дошло к образованию складок соляной формации, указанных в общем поперечном разрезе (фиг. 2). Причем главная складка, доминирующая в окрестностях Бохни, наименована бохненской антиклиналью, тогда как параллельная складка, начерчивающаяся в южной зоне данного района, названа антиклиналью Узборни.

Сильно поднятые складки соленосной формации Бохни в своем большинстве опрокинуты к северу, однако в верхней части, залегающие очень круто. В ядрах этих складок выступают флишевые образования выдвинутые с более глубоко залегающего основания. Соляная серия и ее подошвенные отложения прилегают к флишевым породам в ядровых частях антиклинали.

Главным тектоническим элементом исследованного района является бохненская антиклиналь. Элемент этот доминирует в геологическом разрезе Бохни и с ним связаны известные соляные залежи.

Соляное месторождение Бохни залегает в северном крыле главной антиклинали. Образования соляной серии в южном крыле той же антиклинали подверглись значительному тектоническому смятию, по крайней мере в верхней части. Вследствие этого обнаружение флишевых отложений из глубины, совместно с окрыляющей их соляной серией, имеет характер скорее большой чешуи, как главного тектонического элемента.

Главная антиклиналь соленосной формации пробегает с востока к западу через центр города Бохни. Проекцию ее в горизонтальном плане указано на прилагаемой геологической карте. Продольная ось данной антиклинали пробегает с некоторыми ондуляциями и погружается в обоих направлениях, т. е. на восток и запад, на расстоянии несколько километров от Бохни.

В детальном профиле этой антиклинали, в некоторых партиях этой же антиклинали, очерчиваются интенсивные расчленения на вторичные складки (чешуи), со сравнительно высокой амплитудой.

Самое сильное обнаружение флишевого ядра бохненской антиклинали наблюдается недалеко, на восток от города. Как указывают последние восточные разрезы соляной залежи, наклонение антиклинали соляной серии к северу является на этом участке самым большим.

Возникает здесь интересное тектоническое явление — явление надвига флишевых пород ядра на выходы северного крыла антиклинали.

Антиклиналь Узборни пробегает более-менее параллельно главной антиклинали Бохни. В верхней партии этой южной антиклинали находятся гипсы, обнаруженные наглядно на холме Узборни. Здесь не дошло до выхода на поверхность ядровых флишевых масс.

О залегании соленосной серии, находящейся на территории, расположенной далее к востоку и западу от города Бохни, т. е. после ее погружения в этих направлениях, можно судить непосредственно на основании способа залегания вышележащей туфитовой серии.

Флишевые отложения края Карпат не были охвачены исследованиями автора. И поэтому в прилагаемой карте генеральная граничная линия края Карпат начерчена приблизительно, основываясь на предыдущих геологических съемках.

На основании вышеуказанной геологической схемы кажется ясным и положение соляного месторождения в общем разрезе Бохни (фиг. 2).

В соответствии с этим, породы прилегающие к соляной залежи со стороны юга являются подошвенными отложениями, тогда как со стороны севера — кровельными. Подробно описаны они в главе, посвященной стратиграфии.

Соляное месторождение как морфологическая целость определенно ограничено со стороны юга и севера.

Южная граничная поверхность залежи в известной мере является тектонически сформирована, как поверхность дислокационная. Одновременно подошвенные слои в своей нормальной очередности залегания сильно тектонически нарушены.

Вследствие этого с соляной залежью со стороны юга связываются разные стратиграфические звенья тех отложений, а даже и породы старшего основания, т. е. флишевые отложения, сильно нарушенные и дислоцированные, почти всегда в виде толстой тектонической брекчии.

Породы, прилегающие к соляной залежи с северной стороны определенно связаны с соляной залежью нормальной очередностью седиментации. Данная серия ходеницких слоев очень монотонна пробита поперечными штреками до свыше 100 м на север от соляной залежи. Переход от соляной залежи к этим породам на всем протяжении залегания месторождения очень регулярный.

Ходеницкие свиты, согласно прилегающие к соляному месторождению со стороны севера, представляются как мергелистые глины,

сланцевые, темносерые, в четких дециметровых слоях с кварцевой пылью в плоскости напластования и с включениями мелкого песка сантиметровой мощности. Присутствие прослоек песка способствует тому, что эти глины пропускают воду. Содержат они также и редкие включения кремнистого и сидеритического мергеля. Выветриваясь, они темнеют и рассыпаются в виде листьев.

Соляное месторождение Бохни было эксплуатировано горнопроходческими работами в течение 700 лет существования соляных копей. Почти все месторождение было охвачено этими работами. В настоящее время соляные копи имеют 5 следующих шахт, считая от запада к востоку: Тринитатис, Кампи, Регис, Суторис и Флорис (фиг. 5).

Главный эксплуатационный ствол, под названием Кампи, дает возможность доступа к средней и, частично, западной части месторождения. В шахтах проложены эксплуатационные горизонты, преимущественно с вертикальными промежутками в 20 — 30 м.

Способ подхода к месторождению с помощью шахт и горизонтов представлен планом изображенным на фиг. 3, где и подана глубина отдельных горизонтов. Как видно из плана, отличаются следующие две системы горизонтов:

- 1) в восточной части месторождения 9 горизонтов шахты Флорис, обозначенных для упрощения знаками F1 — F9, а также
- 2) в средней и западной части месторождения 10 горизонтов шахты Кампи обозначенных C1 — C10.

В эксплуатационном горизонте разрабатывается соляной горный массив способом отдельных штреков. Эти штреки проводятся в двух основных направлениях, по отношению к размещению пластов, т. е. один штрек в длину более или менее на середине месторождения, так называемый продольный, и перпендикулярные к нему поперечные штреки или поперечники.

С целью равнозначного определения положения данной точки на одном из горизонтов шахты, применяется местная система прямоугольных координат, одна ось которых направлена восток — запад, а вторая север — юг. Система эта намечена на плане (фиг. 4).

#### ЛИТОЛОГИЯ И СТРАТИГРАФИЯ СОЛЯНОЙ СЕРИИ БОХНИ

##### И ЕЕ ПОДОШВЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

В предисловии к стратиграфии соляной серии объясняется обыкновенные термины текстура и структура в том значении, в котором они в дальнейшем будут использованы.

Под словом текстура разумеется образование элементарного состава пород, т. е. величина минеральных зерен, их форма и пространственное взаимоотношение в „тканье” породы. Тогда, как структура касается тех особенностей массы пород, которые являются результатом некоторых изменений минерального состава и текстуры. Затем естественный распад пород, напластование, размещение конкреций и т. д. будут являться структурными особенностями.

По отношению к соли приняты следующие текстурные нормы величины зерен:

ниже 1 мм	. . . . .	мелкие
1 — 4 „	. . . . .	средние
свыше 4 „	. . . . .	крупные.

Согласно этому будет различаться соль мелкозернистая, средняя и крупнозернистая. В определении степени загрязненности соли можно пользоваться терминами, принятыми в соляной промышленности. Затем съедобная соль будет обозначаться, как каменная соль, которая используется для гастрономических целей без очистки какими-либо специальными процессами механической или технической переработки. Такая соль обычно содержит 1 — 3% загрязнения серноокислым кальцием, глиной и т. д. Ни в коем случае загрязнение это не должно превысить 5%.

Соляная серия является одним из самых низших стратиграфических отделов миоценовой формации окрестности Бохни. По всей вероятности данная серия даже и отлагалась местами непосредственно на старшем основании. Однако, в преобладающей части территории соляной серии предшествовали отложения предыдущих миоценовых седиментов, которые и представляют ее подошвенные образования. Подошвенное образование соляной серии частично исследовано в шахтах, частично же в естественных и искусственных обнажениях, а также в разведочных бурениях, в окрестностях Бохни.

Установление последовательности подошвенных слоев соляной серии встречается с большими трудностями, во первых по причине первичной седиментации, а во вторых также и по причине тектоники. Независимо от этого отсутствие соответствующего количества обнажений и несистематическое наблюдение затрудняют решение такого рода задания. Подошвенное образование соляной серии, как первичное отложение миоценовой формации отлагалось на очень неровном основании. Дно впадины, на которое вторглось миоценовое море, по всей вероятности было очень неровное. На территории разлива вероятно были большие количества полуостровов, островов, подводных порогов, мелей. На таком неровном основании седиментация должна

была быть очень прерывистая. Тогда, как в одном месте образовывались трансгрессивные конгломераты, в другом на небольшом расстоянии могли образовываться обыкновенные мелководные отложения, а в прочих местах затопленной территории могли быть островные куэсты, которые с течением времени, по мере углубления основания подверглись погружению. В результате сопоставления детальных профилей ряда обнажений и бурений, установлена стратиграфия подошвенных слоев соляной серии. Это и понятно, что указанная мощность имеет только ориентировочное значение по отношению к перечисленным неправильностям в пространственном образовании этих же слоев и последующих тектонических изменений. Очередная последовательность подошвенных слоев соляной серии представляется в следующем виде, считая снизу вверх:

1. Самыми нижними миоценовыми отложениями являются брекчии и конгломераты флишевых пород, со спайкой из глины, а также алевриты мергелистые, брекчиевые. Мощность брекчиевого отложения составляет 0,5 — 2,5 м.

2. Мергелистый алеврит, темносерый и черный со сланцевой или чешуйчатообразной структурой. Переходит вверх в песчанистое образование. Мощность переменная, достигающая от несколько до свыше 10 м. Средняя мощность в районе Бохни принята 7 м.

3. Мергелистый песчаник, мелкозернистый, содержащий в изобилии серую мусковитовую муку. По всей вероятности в нижней партии содержит мелкие гальки и обломки экзотических пород и имеет полубрекчиевый характер. Местами содержит тонкие прослойки слюдистого, темнубурого мергеля. Мощность всего песчанистого отложения составляет в среднем 5 м.

4. Мергелистый\* сланец, довольно твердый, светлосерый, мощностью 2 — 4 м.

5. Мергелистый алеврит, темносерый, со сланцевой структурой или чешуйчатообразной. Содержит несколько дюймовые прослойки твердого мергеля, местами кремнистого. Граница структуры сланцевой и чешуйчатообразной — неуловимая. Мощность этого алеврита является переменной и составляет от несколько до несколько десятков м. В ближайших окрестностях месторождения можно принять 15 м как своеобразную среднюю мощность этого образования. В последнем отложении, в его партиях определенной чешуйчатообразной структуры местами показываются многочисленные обломки, а даже и целые глыбы флишевых пород, особенно пестрого алеврита, как будто седиментационно размещенные в миоценовой глине. По всей вероятности они образовались в соседстве островов и подводных флишевых порогов. Один отдел подошвенного алеврита с выделяющейся

чешуйчатой структурой, представляющий чистый седимент, определенно мергелистый и относительно мягкий, содержит в изобилии глобигериновую фауну. Этот отдел макроскопически не отличается в монотонной массе всего образования и выделение его таким образом кажется невозможным.

6. Подошвенный алеврит по всей вероятности сверху закрывается пластом мергелистого сланца мощностью 0,5 м с прослойками серого глинистого ангидрита. Сланец этот подстилает подошвенный ангидрит соляной серии, описанный ниже, или тоже является его фациальным эквивалентом. Эту самую высшую часть подошвенных образований соляной серии можно наблюдать в южной границе месторождения, например в западном конце соляных копий, в горизонте С6. С подошвенными породами соляной серии связано появление естественного газа в соляных коях, как тоже в окрестности Бохни.

Появление естественного газа в соляных коях связано, главным образом, с южной границей соляного месторождения. В большинстве это небольшие выделения метана, которые можно установить в некоторых горных выработках и бурениях, нарушающих подошвенные породы месторождения.

В окрестностях Бохни, в пределе сел Лапчица, Седлец и Мощеница, известны местному населению выделения естественного газа в нескольких пунктах. Кроме того, во время бурения скважины Лазы 1 и Лапчица 1, здесь зарегистрированы слабые выделения метана.

Составление стратиграфии соляной серии встречает исключительные трудности. Происходят они по той причине, что слои соляной серии внутри залежи подвергались более интенсивным нарушениям, чем все месторождение среди окружающих пород. Разрушения эти будут представлены более подробно в главе посвященной внутренней тектонике месторождения. Однако, для объяснения трудности в разрешении стратиграфии месторождения, необходимо взять во внимание вкратце вид этих нарушений.

Складки эти имеют относительно высокую амплитуду, они связаны со сплюснением крыла складок, а также с частичными надвигами такого порядка, что образуют чешую. Отсюда происхождение асимметрических повторений тех же слоев в разрезе залежи. При чем последовательность залегания запуталась свойственным пластическим действием соляных масс, во время горообразовательных движений, а это в противоположность более жестким пустым породам, сопутствующим соли, которые подвергались местами тектоническому расчленению. Независимо от сложности тектонической природы, отображение стратиграфии соляной серии осложняется тем, что разные звенья этой серии петрографически образованы подобным образом и ма-



кроскопическое их отличие бывает трудным. И, наконец, недостаточное количество обнажений на соляных коях и прерывистость наблюдений осложняет исследование последовательности залегания слоев.

Стратиграфия соляной серии — в нормальной очередности — следующая.

Мощность в м	Описание отложений
0,3 — 0,5	Ангидрит подошвы, т. е. глинистый ангидрит, серый с плотной или мелкозернистой текстурой, выступающий в форме груды, уложенной в одном слое. Это и было наименовано подошвенным ангидритом соляной серии Бохни.
3 — 5	Нижний „зубер“, т. е. мергелистая глина, темносерая, почти неслоистая, засеянная единичными кристалликами и гнездышками крупнозернистой соли (5 мм). Сгущение зерен соли переменное и в своем большинстве увеличивается снизу вверх.
2 — 4	В самой высокой части нижнего зубера выступает комплекс южных солей, в которых преобладает чистейшая соль съедобная, серого и беловатого цвета. Это и есть соль с переменной текстурой, т. е. средняя и крупнозернистая, отложенная неравномерно, способом припоминающим порфиновую текстуру магматических пород.
<p>Вследствие тектонических нарушений, соль оторвалась от массы соляной глины, так, что местами создались большие скопления, которые могут быть эксплуатированы, особенно при южной границе месторождения. Поэтому она носит наименование южной соли. Зато соляная глина подверглась сильному смятию до такого состояния, что образовалась крупная брекчия изрезанная вторично жилами волокнистой соли.</p>	
4 — 5	Мергелистый алеврит, темносерый, четко прослоенный в дециметровые слои, сланцевый.
5 — 7	Ангидритовый алеврит в виде прослоек состоящий из чередующихся тонких слоев (5 — 10 см) мергелистой глины, частично глинистой, серой и конкреционного ангидрита, или в мелкокладчатой форме.
10 — 12	Зубер верхний, т. е. мергелистая глина, темносерая, в большинстве неслоистая, содержащая зерна и комки крупнозернистой соли. В ней встречаются гнезда кристаллической соли с размером кубиков 10 — 30 мм. Кроме того содержит она в небольшом количестве ангидрит в форме мелких конкреций, т. е. гроздь, особенно в самой нижней партии, а также и по всей вероятности в самой верхней. В первичном расположении верхний зубер в своей высшей партии содержал пласт крупнозернистой (5 — 8 мм), серой съедобной соли, мощностью 3 — 5 м, так называемой зеленой соли. Вследствие тектонических нарушений, пласт зеленой соли и гнезда кристаллической соли подверглись полному раздроблению на мелкие или крупные куски, зато весь верхний зубер подвергся сильному смятию и вторично прорезан жилами волокнистой соли.
15 — 25	Глино-ангидритовый сланец, состоит из чередующихся дюймовых

слоев желто-серой мергелистой глины с серым ангидритом, в форме длинных тонких слоев (плиток). В вертикальном профиле отношение глины к ангидриту постоянно изменяется. В самой нижней партии (3,0 — 5,0 м) содержит несколько тонких пластов (0,2 — 1,3 м) чистой соли, крупнозернистой (10 мм) так называемой кристаллической. В своей самой высшей партии (около 1,0 м) образован в виде листоватого ангидрита, а также содержит тонкий пласт (0,2 м) кристаллической соли.

- 8 — 12 Комплекс солей залегающих в середине, сложенный из нескольких соляных слоев, различающихся по текстуре и структуре и загрязненных в меньшей степени, и только в некоторых горизонтах. В этой свите отличаются следующие соли: наиболее характерным и самым мощным является слой среднезернистой соли, относительно чистой, съедобной, которая содержит в своем составе чередующиеся сантиметровые тонкие слои, с контрастно противоположным цветом белым и серым. Это так называемая полосатая соль, образующая самые большие скопления соли в месторождении Бохни и по которой производятся эксплуатационные работы в большой степени. Вторым известным звеном солей, залегающих в середине, является соль среднезернистая, неясно прослоенная, тонкая, с дюймовыми прослойками глинистого ангидрита в виде твердого сланца с миллиметровой слоистостью, т. е. с листоватой структурой. Это и есть так называемая соль с прослойками листоватого ангидрита. Третьим звеном средних солей является чистейшая соль столовая с неровной текстурой. Это — средне и крупнозернистая соль с единичными дюймовыми кристаллами соли, так называемая „очковая“ соль, выступающая в пласте около 0,5 м.

Вследствие вторичного тектонического нарушения трудно установить настоящую мощность и последовательность залегания отдельных соляных пластов.

- 7 — 9 Алеврит ангидритовый сложенный чередующе залегающими тонкими слоями (2 — 8 см) темносерой мергелистой глины и ангидрита, причем глина по количеству превосходит над ангидритом. Содержит крупные прослойки (до 2 м) самой сланцевой глины. Это отложение в своей нижней и средней части имеет четкую сланцевую структуру, с серым ангидритом в виде длинных, тонких слоев (плитообразный ангидрит, полосатый). Затем этот сланец является ангидритово-глиновым. Зато в верхней части представляет собою перемежаемость глины со слоями конкреционного ангидрита или выступает в форме мелкокладчатой. В самой высшей части содержит несколько дюймовые слои соли.

- 8 — 10 Комплекс северных солей, представляющих собою соляную свиту (0,1 — 1,0 м), расположенных чередующе со слоями глины с ангидритом (0,1 — 1,0 м).

Соль в своем большинстве мелкозернистая, загрязненная в разной степени глиной и ангидритом. В этой свите находятся также и слои чистой столовой соли.

- 2 — 3 Алеврит мергелистый, сланцевый, темносерый.

2 — 3 Кровельный ангидрит, т. е. глино-ангидритовый сланец.

Над кровельным ангидритом согласно залегают кровельные отложения, связанные с соленосной серией нормальной очередностью седиментации. Мощность всей соляной серии составляет 80 м. Фигура 8 представляет упрощенный профиль соляной серии.

#### УСЛОВИЯ СЕДИМЕНТАЦИИ СОЛЯНОЙ СЕРИИ БОХНИ

Основой для разрешения всех вопросов, касающихся седиментации соли в окрестностях Бохни, является упрощенный стратиграфический профиль, представленный на фиг. 8. При ведении детального анализа данного профиля обращает на себя внимание определенная закономерность во всем залегании слоев. А именно можно поделить соленосную серию на несколько мелких свит, в которых некоторым образом повторяется та же самая последовательность химической седиментации.

Это и является с одной стороны результатом физико-химических условий, которые определяют последовательность осаждения отдельных солей, согласно схеме, поданной У с и л и о, а с другой, однако, стороны, результатом периодического, ритмического повторения аналогичных условий химической седиментации. Вследствие этого процесс седиментации начинался сызнова несколько раз, т. е. состоял из нескольких циклов. Затем по отношению ко всей соленосной серии Бохни, мы имеем дело с так называемой циклической седиментацией, равно как во многих мировых месторождениях соли.

Цикличность в процессе седиментации соленосных серий утверждена с относительно давних времен, уже в первом периоде развития геологии соли, в цехштейнских месторождениях в Германии (Штассфурт).

В последние времена аналогичные явления были наблюдаемы и исследованы также и в других осадочных не соляных сериях.

Так например, эти явления описаны в угольной формации карбона Северной Америки (пенсильвания). Там же введены даже специальные наименования для одиночной свиты, которая соответствует отдельному циклу седиментации. Такая свита наименована *циклотэмом* (18). В следующем этапе настоящего труда применяется термин *циклотэм* для определения такой единичной свиты соляной серии, которая является результатом одного цикла химической седиментации. Таким образом, отличается сам геологический процесс, каким является цикл седиментации, от образовавшегося содержания породы, которая является продуктом этого процесса.

Продуктом химической седиментации соляной серии Бохни является ангидрит и каменная соль, называемая галитом, в значении мономинеральной породы. Это такие продукты, которые возникли главным образом путем испарения раствора, т. е. так называемые эвапораты. Такие пустые отложения, как мергелистая глина, наверное являются в определенном проценте продуктом химической седиментации, т. к. осаждение углекислого кальция, содержащегося в них, предупредило осаждение сернокислого кальция. Тем не менее совершенно отсутствуют магниевые и калиевые соли. И так нижеперечисленные циклотэмы не являются полными.

Соленосная серия Бохни делится на несколько циклотэмов (фиг. 8).

Как руководящие и основные образования каждого циклотэма, принято несколько метровые пакеты ангидритового алевролита, а также самый нижний слой массивного глинистого ангидрита. Таким образом, отличаются пять основных циклотэмов, из которых пятый, т. е. самый высший наиболее некомплектный, так как вообще не содержит соли. Между II и III циклотэмом можно было бы выделить одну мелкую единичную свиту, т. е. подциклотэм обозначенный знаком ПА, как принадлежащий, вернее, к этому циклотэму. Подробное деление на циклотэмы представляется в следующем:

Циклотэм	Отдельные слои
V	2) ангидрит кровельный 1) мергелистый, сланцевый алевролит
IV	2) комплекс северных солей 1) ангидритовый алевролит
III	2) комплекс средних солей 1) сланец глино-ангидритовый
IIA	2) ангидритовый сланец со слоями кристаллической соли 1) глина соляная, мергелистая
II	3) зубер верхний с кристаллической солью и с пластом зеленой соли 2) ангидритовый алевролит 1) сланцевый мергелистый алевролит
I	3) комплекс южных солей 2) подошвенный ангидрит 1) подошвенный мергелистый алевролит и мергелистый сланец

В профиле соляной серии Бохни выявляется особенно переменный характер процесса химической седиментации, в особенности отложение эвапоратов. Характер этот является результатом переменного напряжения химической седиментации, т. е. периодических изменений концентрации первичных соляных растворов.

С целью приближенного определения процесса химической седиментации, в качественном отношении, ниже введено несколько степеней напряжения химической седиментации по форме поданной сначала венгерским исследователем фон Шадечки Кардосс, а впоследствии в усовершенствованном виде немецким геологом по соли Ф. Лотзе (13).

В применении к соляной серии Бохни предлагаются следующие три степени напряжения:

Степень.	Вид химических осадков
1	Углекислый кальций в мергеле или мергелистой глине
2	Сернокислый кальций (ангидрит, гипс)
3	Хлористый натрий (галит)

Нулевая степень соответствует осадкам происхождения вполне не химического, т. е. кластического происхождения.

Приближенной мерой напряжения химической седиментации с количественной точки зрения будет мощность отдельных осадков. Основываясь вышеуказанными принципами составлена диаграмма напряжения химической седиментации в образовании соленосной серии Бохни, в прямоугольной системе координат (фиг. 8).

При помощи этой диаграммы можно схарактеризовать, приблизительно, процесс седиментации и попытаться отобразить условия осаждения соли.

Соленосная серия является одним из низших стратиграфических звеньев всей соленосной формации окрестности Бохни. Образование этой серии было связано с трансгрессией миоценового моря, которое вторглось на депрессию территории Западного Прикарпатия со стороны Силезии.

Основой миоценовой седиментации в окрестности Бохни был пограничный район карпатских флишевых формаций и северного предгорья Карпат, являющегося восточным продолжением краковского

антиклинория. По всей вероятности северная граница надвига складчатого флиша на массивные формации предгорья пробегала в окрестности на юг от Бохни. Дно первых миоценовых трансгрессий, по всей вероятности, должно было быть топографически разнообразным и очень неровным.

Пласт соляной серии, с которым мы познакомились в соляных копях, представляет собой сравнительно небольшой отрезок целостной территории седиментации той же серии в окрестностях Бохни. Происходит он с южной части территории седиментации. Пласт этот подвергается складчатому смятию и значительному передвижению на север, перед надвигающимся краем Карпат.

В южной части района седиментации, соляная серия отлагалась в большинстве на старых, приподошвенных миоценовых образованиях, трансгрессирующих на флише. Кроме того не исключена возможность, что серия эта осаждалась на флишевом основании, вследствие местного вынесения района трансгрессии, в форме высоких берегов полуостровов, островов, подводных порогов и мелей.

Миоценовые подошвенные отложения соляной серии описаны уже выше. Вследствие расчленения осадочного бассейна, связанной с этим непостоянностью в горизонтальном и вертикальном строении, а в последующем сильных тектонических нарушений, реконструкция подробного последствия подошвенных слоев и соответствующие седиментологические выводы представляют крайнее затруднение. Единственно, что можно вывести — это некоторые предположения в этом отношении.

В период образования подошвенных отложений соленосной серии, обильное осаждение углекислого кальция и отложение мергелистых слоев, было, наверное, результатом значительной изоляции осадочного бассейна и признаком начинающейся химической седиментации. Аккумуляционное уравнивание углубления бассейна и уменьшение его глубины, а также развивающийся процесс его изоляции, привел к образованию обширного соляного бассейна в окрестностях Бохни.

По всей вероятности полухимическим седиментом является пласт, толщиной 0,5 м, плотного сланцевого мергеля с незначительными прослойками глинистого ангидрита, выступающего непосредственно в подошве соляной серии. Подстилает он подошвенный ангидрит или, быть может, некоторым образом заменяет его фациально.

Осаждение подошвенного ангидрита в пласте, толщиной 0,3 — 0,5 м, который уже является настоящим эвапоратом, дало начало соляной серии Бохни.

В нижней части соляной серии Бохни видно преимущество глинистых отложений над эвапоратами, причем в первых 2-х циклоэтамах выступает характерное смешанное отложение глинисто-соляное или глина соляная, т. е. настоящий зубер, заслуживающий специального внимания.

Под «зубер» мы разумеем соединение глины с солью и ангидритом, в форме описанной в предыдущей главе, как отложение в преобладающей части первичное, созданное в процессе седиментации и диагенезиса. Зубер, в таком понимании не может быть отождествлен с обыкновенной соляной брекчией, как отложением вторичным. При этом необходимо взять во внимание, что зубер механически ведет себя свойственным образом во время горообразующих движений и подвергается своеобразному дроблению и вторичной цементации с солью.

Зубер в подлинном значении является отложением характерным во многих соляных сериях, а литологическое образование этого отложения в различных сериях бывает очень похоже. Например, сходство образования зуберов таких отдаленных палеогеографически соляных залежей, как миоценовые месторождения Прикарпатия с цехштейнским месторождением Куяв (центральная Польша) является очень большое.

Кроме того зуберы занимают определенное стратиграфическое положение в отдельных соляных сериях и отличаются исключительной постоянностью образования и продолжительностью залегания на больших пространствах. Достаточно опереться на этих данных, чтобы можно было принять, что зубер представляет собой тип соляной подфации.

Зубер как смешанное отложение, частично является кластическим или сыпучим отложением, а с другой стороны химическим, с различной степенью концентрации. Одновременно отлагалась мергелистая глина, соль и ангидрит. Как видно с чертежа на фиг. 8, самые большие изменения напряжения химической седиментации соответствуют зуберу. Притом предполагается, что образование зубера остается в связи с периодом тектонического нарушения и что зуберообразующая подфация соответствует резким движениям основания, однако, прежде всего опадания дна соляного бассейна. Тогда топографическая изоляция этого соляного бассейна нарушается, а площадь его становится временным осадковым бассейном свежих вод, наносящих суспензии глины, по пути насыщаемых растворенными солями, которые перед тем осели. Одновременно кажется, что возможные изменения климата сухого на влажный не играют большей роли в образовании зубера, чем упомянутый тектонический фактор.

Тем не менее, образование мощных пластов безсолевого алевролита необходимо приписать климатическим изменениям.

Типичный зубер первого циклотэма соляной серии Бохни свидетельствует о тектоническом нарушении, которое господствовало с начала осаднения этой серии. Существовали тогда исключительные условия для, почти одновременного, отложения глины и осаднения эвапоратов, вызванные главным образом движениями основы. Результатом временного спокойствия этих движений и установления одинаковых условий седиментации в сухом климате, и является комплекс южных солей.

Южные соли, однако, не отличаются значительной продолжительностью залегания на большом пространстве. Притом характеризует их неравномерность формирования зерна, выявляющаяся в собственной субпорфировой текстуре и т. д.

Кроме того, содержат они мелкие обломки, а даже в исключительном случае большие гальки флишевых пород, обугленный растительный материал и хорошо сохранные экземпляры коралла *Caryophyllia salinaria*. На основе этих черт, можно бы сделать вывод о расчленении первичном соляного бассейна, а также о существовании полуостровов и островов, с выходами флишевых серий, о близости суши с флорой климата более влажного, о сравнительно недавно прерванной связи соляного бассейна с открытым морем, и быть может, случающимся вторжением морских вод в соляной бассейн и частичном размыве отложенных уже солей. Затем условия химической седиментации не были еще установлены равномерно на большем пространстве.

Первый цикл химической седиментации был прерван аккумуляцией глины, мощностью в несколько метров, что наверное и есть проявлением изменения климата на более влажный.

Во втором цикле химической седиментации преобладает опять зубер с прерывистыми залежами соли. Это свидетельствовало бы о вторичном периоде тектонического нарушения и связанной с этим изменчивости условий седиментации. Признаком некоторой стабилизации в этом отношении является ангидритовый сланец с тонкими пластами кристаллической соли, закрывающий второй циклотэм. Эта последняя свита может быть выделена как подциклотэм II A.

Соли первых циклотэмов битуминозные, равно как в других соляных сериях. Этот факт может подтвердить их стратиграфическое положение.

В третьем цикле химической седиментации осаднение глино-ангидритового сланца, со значительной мощностью, привело наверное к аккумуляционному выравниванию расчлененного соляного бассейна.



Таким образом создалась более обширная подошва для массива средних солей.

Средние соли являются проявлением наибольшей стабилизации условий химической седиментации соляной серии в окрестностях Бохни. Отличаются они большей постоянностью в горизонтальном и вертикальном образовании. Химическая седиментация достигла в них свой максимум возможного напряжения.

Одновременно соли эти представляют главное богатство в месторождении Бохни.

Северные соли представляющие свиту состоящую из чередующихся тоненьких слоев соли и глины с ангидритом, являются результатом частых изменений условий седиментации, которые стремятся в общем направлении уступления химической седиментации в пользу механической.

Здесь также имеют значение и топографические изменения района седиментации, связанные с тектоническим фактором, а также и климатические изменения.

Последний цикл химической седиментации, начинающийся кровельным ангидритом прервался осаждением типичных ходеницких глин.

В общем профиле соленосной серии Бохни выступает некоторая продолжительность процесса седиментации, при переходе от нормальной фации темных глин, т. е. от эуксинической к саллинарной и наоборот. Тем не менее, как показывает фиг. 8, в подробном процессе химическая седиментация происходила с частными колебаниями и максимальной амплитудой напряжения.

Химическая седиментация описанной соляной серии не достигла высокого уровня напряжения, т. к. не отложились калиево-магниевые соли. Кроме того, отсутствуют какие-либо следы, которые свидетельствовали бы о выщелачивании этих солей, в случае, если бы дошло до их осаждения. Затем ни один из циклов химической седиментации не был совершенным и необходимо принять, что в конце каждого из них, сконцентрированные калиево-магниевые щелочи подверглись растворению вследствие вторичных заливов свежими водами.

На основе собранных геологических материалов нельзя представить фациальных изменений в районе седиментации соляной серии, так как наблюдаемое поле было ограничено до малейшего отрезка.

Понятно, что распространение ангидритов соляной серии значительно больше, чем солей, а также ангидриты и гипсы будут заменять соли, по мере приближения к берегу соляного бассейна.

Палеогеографические реконструкции соленосного бассейна были бы возможны путем охвата подробными исследованиями большого

района Западного Прикарпатия и путем сопоставления с соляным месторождением Велички.

### МОРФОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Месторождение отчетливо ограничено с южной и северной стороны. На южной граничной его поверхности отложения соляной серии граничат с разными звеньями подошвенной серии. В большинстве пограничных обнажений наблюдаем несоответствующее прилегание подошвенных отложений (обычно сильно нарушенных) к последним южным пластам месторождения. Затем южная его граница некоторым образом, как поверхность дислокации, тектонически сформирована.

Вдоль этой же поверхности образовался частичный надвиг подошвенных отложений на смятую соляную серию с наклонным срезыванием ее внутренних складок.

Северная граница месторождения сравнительно нетрудная для определения. Кровельные отложения соляной серии связанные с ней нормальной очередностью седиментации, в большинстве согласно прилегают к месторождению. Северная граница принята как верхняя поверхность высшего химического седимента соляной серии, каким является кровельный ангидрит. Определение так понятой северной границы в поперечных штреках или бурениях бывает однозначное и не встречается с трудностями.

Часть месторождения охваченная промыслом представлена в вертикальном плане продольном (фиг. 3). План этот отображает одновременно некоторые тектонические соотношения залежи описанные ниже.

Основным материалом для восстановления морфологии месторождения является геологический план отдельных эксплуатационных горизонтов, т. е. планы горизонтов, обозначающие границы месторождения.

На фиг. 4 показана граница месторождения на некоторых избранных эксплуатационных горизонтах, нанесенных на один план. Затем это является как бы фрагментаричный горизонтальный план залежей, с неравномерным вертикальным расстоянием горизонтов. Граничные линии залежей, южные и северные, обозначены иначе для облегчения их различия. Приписанные цифры со знакам (+) и (—) обозначают высоты отдельных эксплуатационных горизонтов, по отношению к уровню моря. План этот охватывает следующие горизонты: F 1 (+ 142), C 1 (+ 37), C 5 (— 54), C 6 (— 78), C 7 (— 99), C 9 (— 139). Для лучшей ориентировки в ширине месторождения на отдельных гори-

зонтах, обозначено черточками месторождение между южной и северной границей (в поле разреза залежей).

На фиг. 5 представлены вертикальные и поперечные разрезы месторождения, представленные в очередности от запада к востоку. Это и структурные разрезы, т. е. полные, аналогичные с горизонтальными разрезами на фиг. 4.

Плоскость разрезов юг — север обозначено цифрами соответствующего меридиана шахтовой системы координат, т. е. считая от запада к востоку (—) 1150, (—) 900, (—) 600, (—) 300, (—) 100, (+) 400, (—) 750, (+) 1100, (+) 1400, (+) 1550, (+) 1850.

Морфология соляного месторождения в целом представлена в исполненных планах и разрезах. Представляются они в следующем виде.

В горизонтальных разрезах месторождение имеет вытянутую линзообразную форму. Ширина его практически изменяется в пределах от несколько десятков до 200 м максимум.

В обе стороны по протяжению месторождения, т. е. к западу и востоку начинается постепенное его выклинивание, связанное с флексурным изгибом.

Исключительные промысловые штреки проведенные по простиранию пластов еще далее к западу, обнаружили, что за флексурным сужением простирается оторванный слой месторождения, линзообразной формы (фиг. 4).

Произведенное составление поперечных разрезов месторождения дает правильное понятие о его залегании. Как вытекает из этого, месторождение, как некоторая морфологическая целость, т. е. соленосный горный массив, представляется в обобщенном профиле в форме нерегулярной линзообразной массы.

В верхней части, т. е. к выходу, а также и в нижней части по падении общая мощность месторождения уменьшается.

С составления отдельных профилей видно, что в верхней части месторождение залегает очень круто, почти вертикально, с падением на юг или на север. Однако, начиная от определенной глубины (200 — 300 м) направляясь вниз, падает решительно на юг, с общим средним (15 — 45°) углом падения. Единственно в восточной части месторождение залегает на всей глубине моноклиналино, с средним углом падения на юг (профиль (+) 1400 и последующие).

В отдельных профилях месторождения, с его переменной мощностью и способом падения вглубь, бросается в глаза характерная морфологическая черта. А именно, начиная от выхода месторождения и направляясь вниз, увеличивает оно свою мощность до определенной глубины, на которой происходит решительный его перегиб к югу, свя-

занный с выпуклостью к северу. На этой глубине месторождение имеет наибольшую общую мощность и горный оптимум, т. е. содержит самые богатые концентрации соли. Начиная от этой же глубины к низу, мощность месторождения уменьшается.

Что касается дальнейших морфологических подробностей, то способ, каким происходит вышеупомянутый перегиб всего месторождения с падением на юг, связанный с его выпуклостью к северу, является несколько различным в отдельных профилях. Это связано некоторым образом со способом преломления пластов, согласно прилегающих к соляному месторождению со стороны севера, т. е. кровельных пластов соленосной серии.

От способа преломления менее или более острого, в большей степени зависит внутренняя тектоника месторождения и его горное содержание на одной глубине. С целью стремления ухватить некоторые правильности в морфологии соляного месторождения, прослежены его выдающиеся продольные выпуклости с северной стороны, которые носят название хребтов.

Одновременно начерчены продольные оси тех же форм в приближенном виде, как на фиг. 3. Таким образом обнаружилась очень характерная тектоническая черта месторождения, предрасполагающая его условия залегания и горную его ценность. Это можно представить в следующем:

Продольные оси выпуклостей месторождения со стороны севера протягиваются более или менее согласно, т. е. параллельно между собою и падают с востока на запад под углом  $10 - 15^{\circ}$ . Особенно характерным является главный хребет месторождения, который связан с его максимальной шириной и максимальной концентрацией соли. Нижний хребет, значительно меньший, остро начерченный в восточных профилях, начиная от координаты (+) 750 на восток.

Параллельно к оси выше описанных хребтов месторождения, протягиваются и его продольные углубления с северной стороны, как значительные поперечные узкие места, а также и линии частичного выклинивания месторождения. Последнее касается краев выклинивания кверху, исследованных в его западной части.

Самая верхняя линия месторождения, начерченная на плане (фиг. 3) является краем выклинивания сверху и одновременно зоны смятия месторождения вдоль определенной продольной дислокации.

По падении вглубь соляное месторождение подвергается одновременно постепенному выклиниванию, что происходит с некоторыми изгибами. На плане (фиг. 3), начерчено, грубо ориентировочно, предположительную нижнюю границу месторождения.

Особенное внимание в морфологии месторождения заслуживает его погружение в продольном направлении с востока на запад (фиг. 3). Угол наклона продольной оси хребтов месторождения и будет меридианом этого явления. Однако наиболее авторитетным является падение оси самой большой выпуклости залежей с северной стороны. Ось эта, падающая под углом около  $12^{\circ}$ , может быть идентифицирована в приближении с продольной осью всего месторождения. Утверждение погружения залежей в южном направлении имеет большое значение для выяснения причины поверхностных геологических отношений Бохни, вскрытия места соляных залежей, локализации самой старшей части шахты, общего направления распространения прошлых горно-проходческих работ и т. д.

### ВНУТРЕННЯЯ ТЕКТНИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Нарушения в залегании слоев внутри соляного месторождения, т. е. его внутренняя тектоника, являются некоторым образом отражением в малом масштабе окружающих тектонических условий. Однако внутренние тектонические нарушения увеличены по отношению к нарушениям, каким подверглось месторождение, как морфологическое целое среди окружающих формаций. Вкратце это можно выразить в следующем: внутренняя тектоника соляного месторождения более высокого ряда чем общая тектоника, т. е. внешняя.

Внутренняя тектоника соляного месторождения Бохни очень сложна. Как видно из вертикальных разрезов месторождения, залегание пластов соленосной серии сильно запутано. В некоторых партиях залежей дошло даже до раздробления пустых слоев до состояния крупной или мелкой брекчи сцементированной солью. Отсюда вытекают исключительные трудности геологического исследования залежей и в последовательном изучении их внутренней структуры мы достигаем границы возможности ее разрешения.

Краткое описание внутренней тектоники месторождения, поданное ниже, является результатом составления детальных, горизонтальных и вертикальных поперечных разрезов месторождения почти полных или фрагментарных.

Основным материалом для приготовления данных разрезов были геологические съемки горных выработок в масштабе 1 : 100 или 1 : 200. Пример структурных геологических съемок поперечных штреков показано на фигуре 6 и 7. На основе этих съемок готовятся геологические вертикальные планы, т. е. вертикальный разрез залежей.

Таблицы II и III представляют разрезы залежей шахт Кампи и Суторис. С целью объяснения сложной внутренней структуры ме-

сторождения к произведенным разрезам приложены упрощенные тектонические схемы.

Соляное месторождение Бохни является исключительной и особенной концентрацией складок соляной серии, залегающей вдоль определенной зоны, на северном крыле бохненской антиклинали. Данная продольная зона самой большой концентрации внутренних складок находится на уровне залежей 300 — 500 м и представляет собою главный тектонический узел соляной серии. Этому узлу в разрезах вертикальных и поперечных соответствует самая большая мощность всего месторождения и его горный оптимум.

Начиная от середины залежей кверху и к низу проявляется некоторым образом упрощение тектоники упомянутого узла, т. е. напряжение складчатости слабеет так, что в верхних партиях залежей, а также в самых нижних пластах, доступных горным работам, наблюдается почти нормальная последовательность залегания пластов. Это показано на упрощенных тектонических схемах очередной нумерацией (табл. II и III).

Вследствие интенсивной складчатости, в соляных залежах выступают крупные складки с высокой амплитудой. Такая интенсивная складчатость была связана с частичным тектоническим вытеснением некоторых крыльев складок и с надвигами в плоскости вытеснения.

Что касается процесса и способа образования складок в залежах, то в большинстве своем это складки, которые можно было бы назвать сходящими (фиг. 9 В), в противопоставление к вступающим (фиг. 9 А).

Утверждение факта, что именно такой способ залегания складок преобладает в залежах, имеет значение для выяснения общих тектонических процессов в образовании соляных залежей.

В общей характеристике внутренней тектоники соляного месторождения Бохни, наиболее бросается в глаза крайне иное механическое поведение соли и пустых пород соляной серии, во время движения складок и прочих тектонических процессов. Эта особенность поведения соли является результатом ее физико-химических свойств, причем на первом месте необходимо подчеркнуть склонность ее к пластическим деформациям под давлением, а также низкий объемный вес в сравнении с обыкновенными пустыми породами.

С этими особенностями связаны такие явления, как пластическое перемещение, а далее, интенсивное отщепление соли от твердых слоев, концентрация соли в изгибах складок, а также явление диапиризма, т. е. пробивание соляной массы через изгибы складок, и наконец явление естественного рафинирования соли вследствие выклинивания пустых пластов переграждающих соли.

В различных поперечных разрезах соляного месторождения Бохни, расположенных на довольно больших расстояниях друг от друга, подробная картина внутренней тектоники в известной мере иная. Это уже вытекает из переменных схематических профилей залежей, представляющих их морфологию (фиг. 5). Так например схема внутренней тектоники в разрезе шахт Кампи и Суторис различна. Однако, несмотря на эти значительные различия в запутанном протяжении пластов соляной серии по направлению сверху вниз, в разных разрезах выделяются общие черты главного тектонического узла залежей. Фигура 10 является обобщенным рисунком этого узла и представляет собой, в более упрощенной форме, вид и характер тектонических нарушений внутри залежей в их среднем участке, т. е. с упущением узкой, выклиненной западной и восточной партии.

Соляная серия собирающаяся в складки в данной продольной зоне, отщепилась от основы, т. е. от подошвенных отложений, а также частично от покрывающих ее кровельных отложений. Одновременно отдельные звенья соляной серии, замкнутые между подошвенными и кровельными отложениями, подвергались взаимному отщеплению, т. е. соляные комплексы по отношению к преграждающим пустым свитам. Причем самые сильные отщепления происходили на поверхностях контакта наиболее жестких пород, выступающих в крупных свитах и толстых массивов чистой соли, вероятно хорошо слоенной.

Соляным месторождением называется естественная концентрация соли, представляющая промышленную ценность. Такая концентрация может быть уже результатом самой химической седиментации, которая привела к образованию на местах пластов соли настолько мощных, что даже в первичном горизонтальном залегании представляла бы она промышленную ценность.

Кроме соляных залежей такого рода, существуют однако залежи, в которых концентрация соли промышленного значения образовалась только вторичными тектоническими процессами, из тощих, скудных соляных пластов, которые в первичном залегании не были бы рентабельны.

Независимо от промышленного значения, какое представляли бы пласты соли описанной соленосной серии, мы можем со всей ответственностью подчеркнуть, что в соляном месторождении Бохни имеем дело с большими концентрациями соли, которые в своем большинстве являются результатом вторичных тектонических процессов. Это и есть как естественное тектоническое обогащение. Лучшим доказательством этого утверждения являются структурные разрезы залежей.

## ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ И НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ ГЛУБИННОЙ ТЕКТониКИ В ОКРЕСТНОСТИ БОХНИ

Соляная серия играет важную роль в процессе тектонических нарушений, каким подверглась соленосная формация большого участка Западного Прикарпатия, в широкой окрестности Бохни. Серия эта являлась некоторым образом пластичной прослойкой между более жестким основанием соленосной формации и большим пакетом ходеницких слоев и выполняла, некоторым образом, роль амортизатора тектонических напряжений между подошвенными и кровельными отложениями. Эти напряжения нивелировались взаимно в большой степени ценой второстепенных деформаций внутри соляной серии. В большинстве это относилось к срезывающим напряжениям вызванным тангенциальными силами происходящими от напора карпатского края, и сопротивления автохтона предгорья. Силы эти действовали почти сразу в плоскостях напластования соленосной формации и служили причиной надвига, причем соляная серия представляла как бы скользящую массу для свиты подошвенных пластов.

На Бохненском Прикарпатии соленосная формация подверглась сильнейшей складчатости и дальнейшему поднятию на север перед надвигающимся краем Карпат, чем в районах прилегающих от стороны востока и запада. Это поднятие на север является самым большим на отрезке в несколько километров, на котором расположена Бохня. С этим явлением связан тектонический процесс формирования известного соляного месторождения.

Уже в периоде горообразовательных движений, какие охватили соленосную формацию и когда начали выделяться главные антиклинали, выступили второстепенные складки внутри соляной серии. Эти второстепенные складки соляной серии отщепляющиеся от подошвенных пластов в зоне, предназначенной на северное крыло бохненской антиклинали, опрокинулись с севера на юг (фиг. 11).

Таким образом исчезли тектонические напряжения между подошвой и кровлей соляной серии, вызванные главным образом касательными силами, направленными в противоположные стороны. В дальнейшем тектоническом процессе происходили поступательные движения складок соленосной формации с юга на север, при одновременном погружении основы в одних зонах и поднятии в других. Равнодействующей этих действий были частичные вращательные движения складок, какие зарегистрировались во внутренней тектонике месторождения.



Сильное поднятие складок соленосной формации на бохненском отрезке свидетельствует с одной стороны о большом размере надвига края Карпат, с другой же стороны и о сопротивлении, какое создал массив автохтона предгорья Карпат.

В последнем периоде потухающих горообразовательных движений складчатая соленосная формация тектонически приспособлялась к неровностям старшего основания. Существуют факты, которые указывают стиль тектоники и характер дислокаций этой основы и таким образом дают возможность сделать вывод о образующих ее формациях. Это является способом тектонического наложения и приспособляет соленосную формацию к неровностям этого основания рядом постумных движений. Благодаря этому можно предполагать, что непосредственным основанием миоцена Бохни является одна из массивных формаций автохтона предгорья с блоковой тектоникой, которая была восточным продолжением краковского антиклинория.

#### ВЫХОДЫ СОЛЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

#### И ЕСТЕСТВЕННОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ СОЛИ

Вступительными разведочными работами сконстатировано существование выходов соляных залежей в форме узкой гипсовой шляпы (фиг. 1), в своем большинстве закрытой четвертичными образованиями; эти выходы названы поясом гипсов с солей, в отличии от возможных прочих выступлений гипса. Пояс этих гипсов явился впоследствии руководящим в дальнейшей разведке соляного месторождения Бохни по своему простираению на восток и запад.

Поверхностные партии залежей подвергаются выщелачиванию из соли, а ангидрит превращается в гипс под влиянием вод, которые проникают с поверхности вглубь этой свиты. В гидрогеологических условиях окрестности Бохни глубина, до которой проникло полное выщелачивание соли, составляет в среднем несколько десятков метров и только в исключительных случаях меньше. Тем не менее, полное или частичное преобразование ангидрита в гипс достигает глубины свыше 100 м.

Выщелаченные поверхностные партии соляного месторождения состоят из глин более или менее выветрившихся, со слоями и конкрециями гипса. Ввиду того, что гипс более сопротивляем на размыв чем глинистая дресва, дошло здесь до концентрации (гипсовая шляпа).

Территория выхода соляных залежей как и вообще окрестности Бохни, покрыта покровом послеледниковых глин, однако на некоторых, исключительных отрезках дошло к вскрытию гипсовой шляпы.

Поверхностным признаком естественного выщелачивания соли являются специальные соляные источники. Один из них находится в Лапчице, где когда то был эксплуатирован для продукции поваренной соли.

#### ГОРНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ И УСЛОВИЯ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Предметом эксплуатации соляного месторождения Бохни является съедобная соль, выступающая в пластах среди загрязненных солей или пустых пород со средней мощностью 1,5 — 3 м.

Система эксплуатации бохненских соляных копий приспособлена к свойственным геологическим условиям. Породы залежей довольно плотные и одновременно составляют комплекс прослоек с большой способностью изгибания. Эти особенности дают нам возможность производить горные выработки больших размеров, которые благодаря своей кубатуре могут быть наименованы выемками, при которых не могут произойти неожиданные заламания кровли, а только медленное и равномерное оседание. Формы ископаемых масс являются почти пластовые с мощностью в большинстве средней. Падения крутые или средние. При ручной очистке соли в выработках получается большое количество неочищенной массы, которая не выносятся на поверхность.

В вышеуказанных условиях принялась общая система эксплуатации сплошными камерами с подработкой кровли, с сухой полной закладкой (фиг. 13).

В этой системе эксплуатируется пласт соли сплошными камерами в направлении по простиранию забоя высотой около 5 м. Затем продольная кровельная линия проходит своеобразно. Это усовершенствование старой системы, называемой потолок-уступная, которая применялась в периоде ручной обработки соли.

Эксплуатируемые пласты содержат прослойки более или менее глинистые. В современных условиях эксплуатируется слой с содержанием 30 — 70% соли съедобной. Таким образом получается значительное количество загрязненных соляных пород, которые представляют собой отбросы. Используют их как материал для закладки.

При эксплуатации отдельных партий месторождения можно встретиться с излишком или недостатком материала для закладки в форме загрязненной соли. Проблема ликвидации излишков или пополнения недостатков материалов для закладки связана с подземным транспортом, стоимость которого очень дорогая. Затем необходи-

ма здесь специальная техническая калькуляция, которая разрешит вопрос рентабельности эксплуатации в данном месте.

В общей критической оценке способа эксплуатации, кажется наиболее нерациональным оставлять под землей в среднем свыше 50% добываемого сырья, в форме загрязненных солей. Это вытекает по причине отсутствия предприятий для переработки соли.

По сравнению с другими месторождениями соли, которые эксплуатируются горными подземными работами, соляное месторождение Бохни имеет сравнительно очень трудные геологические условия. В приспособлении к этим условиям в течение несколько сотен лет, многократно выявлялась пионерская мысль и громадное усилие.

Соляное месторождение Бохни, как морфологическое целое, прорезано горными выработками в большей части своего простирания и в значительной степени выэксплоатировано. Как ориентировочную цифру полной добычи съедобной соли в течение 700 лет эксплуатации можно принять цифру 7 000 000 тонн.

В современных технических и хозяйственных условиях, т. е. при годовой добычи около 60 000 тонн, оставшиеся запасы могли бы обеспечить нормальное производство соляных копий максимально на 10 с лишним лет.

#### ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ВЫВОДЫ

Несмотря на полученные результаты, представленные выше, собранный до настоящего времени геологический материал не дает нам полного разреза окрестности Бохни. Остается еще выяснить нам ряд вопросов, касающихся как стратиграфии, так и тектоники описываемой территории.

Что касается более важных стратиграфических вопросов, то на основании материалов, полученных до настоящего времени, мы не в состоянии отметить пределов значительной переменчивости в горизонтальном и вертикальном образовании низших пластов соленосной формации, как подошвенных отложений соляной серии. Далее, в тесной связи с темой настоящего труда остается выяснение аналогичных изменений соляной серии в широкой окрестности Бохни. Это последнее требует, прежде всего, стратиграфической корреляции соляных серий Бохни и Велички. Кроме того имеются большие неясности касающиеся литологического образования высших ходящих слоев, а также и низших грабовецких слоев.

Неясности в тектонической картине исследованной территории касаются более глубокой старшей основы соленосной формации. В связи с этим нам кажется, что вероятно в поясе Бохни, в основании

миоцена, находится погруженный массив автохтона предгорья Карпат, например одна из жестких мезозойских формаций восточного продолжения краковского антиклинория.

Решение геологических вопросов, касающихся окрестности Бохни, может иметь народно-хозяйственное значение. Касается это прежде всего возможности нахождения новых залежей соли и естественных газов.

Исследовательские работы за пределами соляных копий были произведены автором с целью возможного открытия новых соляных месторождений. Произведенное тогда геологическое изучение окрестности Бохни привело к следующим практическим выводам: существует вероятность нахождения богатейших концентраций соли за пределами известного месторождения Бохни. В этом отношении наибольшего внимания заслуживают те участки соляной серии в окрестности Бохни, где могло образоваться естественное обогащение пластов соли, вследствие соответствующих тектонических нарушений.

Относительно естественных газов необходимо будет разрешить следующие вопросы: с какой формации, как материнской, происходят данные газы, а впоследствии существует ли возможность открытия больших бассейнов, в связи с глубоинной тектоникой.

В 1946 г. по инициативе К. Толвинского начато производить бурение в окрестностях Бохни, с целью выяснения вопроса о существовании битуминозных залежей. Одновременно предпринято более подробные исследования флишевых отложений в ядре бохненской антиклинали и в надвиге карпатского края. Работы эти, по всей вероятности, выяснят вышеперечисленные недостатки в геологическом разрезе Бохни, которые проводились до настоящего времени. В этом отношении наиболее интересными и авторитетными будут профили текущих глубоких бурений.

JÓZEF POBORSKI

**THE BOCHNIA SALT DEPOSIT ON THE GEOLOGICAL  
BACKGROUND OF REGION**

(with 3 pl., 4 phot. and 13 fig. in the text)

SUMMARY

CONTENTS

Introduction . . . . .	133
Outline of the geology of the Bochnia region and position of salt deposits in its general cross-section . . . . .	135
Lithology and stratigraphy of the Bochnia salt series and of the deposits underlying it . . . . .	139
Conditions of sedimentation of the Bochnia salt series . . . . .	144
Morphology of the deposit . . . . .	150
Inner tectonics of the deposit . . . . .	153
Process of formation of the deposit and some features of deeper tecto- nics in the environments of Bochnia . . . . .	156
Exposures of the salt deposits and natural leaching of salt . . . . .	157
Mining characteristics of the deposit and conditions of its operation . . . . .	158
Final conclusions . . . . .	159

## Abstract

In the northern foreland of the Carpathians occurs a Miocene salt formation. At the margin of the Western Carpathians it includes the well known salt deposits of Wieliczka and Bochnia.

The subject of this study are the Bochnia salt deposits against the geological background of the neighbourhood, i. e. close genetic connexion with the geological history of the surrounding sector of the Subcarpathians. The deposit was made accessible and explored by mining works that have been carried on ever since the middle of the XIII century.

The salt series as a limited set of beds containing gypsum, anhydrite and salt forms one of the lowest stratigraphical sections of the Miocene formation in the environs of Bochnia. This formation underwent folding and considerable uplift due to the overthrusting border of the Carpathians.

In the monographical description of the salt deposit we are presented, first of all, with its position in the general geological cross-section of the Bochnia region (geological map and cross-section, fig. 1, 2). The deposit is located in the northern limb of the so-called Bochnia anticline formed by the saliferous formation.

Further comes the description of the stratigraphy of the salt series and its underlying deposits. On the grounds of a detailed stratigraphical profile, a diagram of intensity of the chemical sedimentation of this series was drawn up (fig. 8), and it was attempted to reconstruct the conditions of sedimentation.

The further part of the study comprises the description of the morphology of the deposits represented graphically in a vertical, longitudinal section (fig. 3), in horizontal cross-sections (fig. 4) and in a sequence of schematic profiles of the deposit (fig. 5). Thus the environment of the dispositions of the said deposit, as a certain territorial whole in relation to the surrounding rocks, i. e. its exterior tectonics, has been elucidated. Special attention was drawn, however, to the interior-tectonic of the salt deposit. Basing upon detailed cross-sections of the deposit (Pl. I, II, III), the author has carried out the detailed analysis of the intricacies of the dispositions of layers in the deposit, made tectonic schemes and, as a result of tectonic interpretation, has concluded that the greater concentrations of salt in the deposit ensue its natural enrichment due to tectonic processes.

In consequence of all possible tectonic considerations, attempts were made to reconstruct the process of the making of the deposit in front of the overthrusting border of the Carpathians.

The description of the mining essentials of the deposit includes the hard conditions of its exploitation, the mining methods (fig. 13), the proportion of salt so

far mined and the resources still left. It might imply that the Bochnia salt deposit being within the range of the mine is about to be exhausted.

In the close of the study geological problems of the wider Bochnia region yet to be solved have been mentioned. At the same time prospects of the discovery of more salt deposits have been considered and some indications regarding mining exploration given.

## INTRODUCTION

Along the northern border of the Carpathians extends a Miocene salt formation containing salt deposits. The salt deposits of Wieliczka and Bochnia at the border of the Western Carpathians have long been known; the former is situated 12 km, the latter 40 km to the east of Cracow.

The subject of this scientific considerations is the Bochnia salt deposit examined against the geological background of the neighbouring territory, i. e. in close genetic connexion with the geological history of the surrounding sector of the Subcarpathians.

The salt deposit of Bochnia was made accessible and explored thanks to mining works that were started in the middle of the XIII century and have been conducted ever since. According to recent historical studies, rock-salt was discovered at Bochnia in 1251. Thus 1951 was the 700-th anniversary of the existence of the mine.

As the geological background of the Bochnia salt deposit we have assumed a sector of the Subcarpathians a few kilometres wide and about 12 km long (fig. 1), i. e. from the village of Łazy in the east, through the town of Bochnia, to the village of Moszczenica in the west. This area, including its westerly prolongation reaching Chełm on the river Raba, can be geologically discriminated as the Bochnia Subcarpathians.

In the topographical respect the Bochnia Subcarpathians are marked as a continuous chain of hills up to 300 m over sea level. On the south this chain adjoins the marginal ridges of the Carpathians and runs parallel to them from E to W. On the northern side it is bordered by the lowland of the rivers Raba and Vistula.

In their predominating bulk the Bochnia Subcarpathians are built in Miocene formations. The former investigators of this area: J. Niedźwiedzki and later on G. Bukowski, divided the local Miocene into two stratigraphical sets, viz: the older Chodenice beds and the younger Grabowiec beds. The Chodenice beds are also referred to as a saliferous formation since they contain the so-called salt series.

By the term salt series the author means a limited set of beds in which such products of chemical sedimentation as gypsum, anhydrite and salt are predominant.

The salt series forms an important stratigraphical part of the salt formation of the Bochnia region, i. e. of the Chodenice beds. This series proves to cover a considerable expanse of territory along a larger space of the Western Subcarpathians. On the other hand, the salt deposit as a concentration of salt with industrial value is merely a fragment of the salt series several kilometres long.

Recenter investigation of the salt deposit showed that this concentration of salt was due to natural tectonic enrichment, i. e. that salt deposits, originally thinner, underwent concentration caused by tectonic processes.

Miocene formations in the environs of Bochnia are covered by the Quaternary on practically all expanse of their occurrence. This overburden is composed of post-glacial loams and alluvium. The natural outcrops of the Miocene are scarce and very indistinct. Moreover, the Miocene basement is, in its subsurface part, very considerably distorted (intense eluvial phenomena, slope land-slides, secondary diageneses of certain chemical sediments, etc.).

In the mentioned subsurficial conditions the study of deeper geological relations with the application of ordinary cartographic methods is virtually impossible. Bore-holes and artificial outcrops (exposures) are therefore indispensable for this purpose. It is solely owing to this kind of works that a solid geological map (fig. 1) and a respective cross-section A—B (fig. 2) have been made.

As regards the knowledge of the geological relations in the environs of Bochnia, it was the local mine uncovering the salt deposit and surrounding rocks down to a depth of over 400 m that provided the major part of requested information. Besides, a lot of geological material was furnished by salt-prospecting mining works carried on by the salt mine of Bochnia at various times.

The salt mine of Bochnia carried on prospecting work on an area situated to the east of Bochnia at the beginning and at the end of the XIX century. These works gave origin, among others, to the profiles of deep bore-holes „Gorzków 1“ and „Łazy 1“. However, the basic geological materials having contributed to this paper were collected from prospecting works conducted on the area comprised by the attached map (fig. 1), comprising the execution of 300 shallow hand-borings, quite a number of prospecting ditches, several small pits and two deeper bore-holes: „Łapczyca 1“ and „Chodenice 1“. The works were controlled by the author himself.



The geological results of the mentioned war-time work evoked considerable interest. In consequence in 1946 there were set in motion deep borings in the Bochnia region in order to ascertain the possible existence of bituminous deposits. The borings have been carried on up to the present moment. While writing this study author availed himself of the profiles of only those post-war bore-holes that had been made in Bochnia itself, viz: „Bochnia 3“ and „Bochnia 4“.

#### OUTLINE OF THE GEOLOGY OF THE BOCHNIA REGION AND POSITION OF SALT DEPOSITS IN ITS GENERAL CROSS-SECTION

The Miocene formations of the Bochnia region belong to the Tortonian stage. As it has already been mentioned, they are divided into two large sets, i. e. the so-called Chodenice beds (saliferous formation) as the older ones and Grabowiec beds as the younger ones.

In the lithological sense the Chodenice beds form a big set over 300 *m* thick. Usually they consist of dark-grey marly clays. In this monotonous argillaceous set, however, light-grey and white sediments containing characteristic mineral constituents of volcanic origin are striking. Hence the conclusion that they are tuffites. With respect to the material predominating in these sediments, three kinds of tuffites can be discerned macroscopically: the argillaceous (kaolinitic?), arenaceous (quartzitic) and siliceous (opal?) tuffites.

The tuffite layers alternate by normal argillaceous sediments and occur in sets which have been given the name of tuffitic series. In the profile of the Chodenice beds at least two tuffitic series can be noticed: the lower, about 15 *m* thick, and the upper one, very irregular, reaching the thickness of a few metres. They have been acknowledged as the index stratigraphical horizons in the salt formation of the Bochnia region.

The salt series is a limited set of beds of rock salt, anhydrite and marly clay whose thickness totals over 70 *m*. This set has its locus in the lower part of the Chodenice beds.

In the bottom of the salt series lie argillaceous sediments of varying thicknesses. Being the lowest Miocene formation transgressing on an older substratum they have a partly conglomeratic character. Their description in more detail is given in the forthcoming chapter.

The lithological development of the uppermost part of the Chodenice beds is not well known.

According to the specified index sets of beds, the following stratigraphical scheme of the Chodenice beds has been drawn up:

Formation	Subdivision	Key deposits
Chodenice beds i. e. saliferous formation	upper	?
		upper tuffitic series
	middle	lower tuffitic series
	lower	salt series
		deposits underlying salts

The average thickness of particular sets of the Chodenice beds can be deduced from the enclosed transverse cross-section (fig. 2).

Within the framework of the area described, the Chodenice beds are partially covered with the Grabowiec beds being the sediments of a younger inundation. The lower part of this set is mostly argillaceous, contrary to the upper one which is mostly arenaceous.

The tectonic relations of the investigated area have the following aspect:

Along a ten odd kilometres long sector of the Bochnia Subcarpathians the saliferous formation was subjected to folding and considerable uplift while receding before the Carpathians overthrusting border. Thus it came to the shaping of the folds of the salt formation shown in the general transverse cross-section (fig. 2). The main fold dominating in the environs of Bochnia has been called the Bochnia anticline, whereas the parallel one, perceivable in the southern zone of the said area, the Uzbornia anticline.

The strongly uplifted folds of the saliferous formation of Bochnia are generally inverted towards N, but in their upper parts their position is very steep. Flysch deposits lifted up from a deeper substratum occur

in the cores of these folds. The salt series and its subjacent deposits adjoin the Flysch rocks in the core part of the anticlines.

The chief tectonic element of the area under investigation is the outstanding Bochnia anticline. This element dominates in the geological cross-section of Bochnia, and the well known salt-deposit is bound up with it.

The salt deposit of Bochnia is situated in the northern limb of the main anticline, but the deposits of the salt series in the southern limb of the later underwent considerable tectonic squeezing, at least in their upper part. As a result, the emergence of Flysch deposits from the depth, together with the salt series surrounding it, has the character rather of a large scale as the chief tectonic element.

The chief anticline of the salt formation runs from east to west crossing the town of Bochnia through its centre. Its behaviour in the horizontal section is visible on the attached geological map. The longitudinal axis of this anticline is somewhat undulated and sinks in either direction i. e. in the east and west, at a distance of a few kilometres from Bochnia. In the detailed profile of this anticline one can trace, in its certain parts, an intense dismemberment into secondary folds (scales) of comparatively high amplitude.

The strongest emergence of the Flysch core of the Bochnia anticline can be observed east of the town and quite close to it. As it has been shown by the latest east cross-sections of the salt deposit, the inversion to the north of the salt-series anticline is the most pronounced on this sector. An interesting tectonic phenomenon of the thrusting of the Flysch rocks of the core over the northern limb of the anticline occurs there.

The Uzbornia anticline is more or less parallel to the chief Bochnia anticline. In the top part of this southern anticline occurs gypsum accompanying salt, best outcropped in the Uzbornia hill. It has never come to the emergence of the core Flysch masses.

The disposition of the salt series in the area situated farther to the east and west of the town of Bochnia, i. e. past the places of its sinking in these directions, conclusions can be made about indirect, namely on the grounds of the mode of disposition of the overlying tuffitic series.

The Flysch deposits of the Carpathians margin were not included in the investigations of the author. Therefore on the attached map the main border line of the Carpathians margin has been delineated approximately, on the grounds of previous geological surveys.

Taking into consideration the above geological sketch, the position of the salt deposits in the general cross-section of Bochnia does not evoke any doubts (fig. 2). According to that, the rocks adjacent to the salt

deposit to the south and to the north are bottom and top deposits respectively. They have been described in detail in the chapter concerning the stratigraphy.

As a morphological whole, the salt deposit is distinctly bounded from the southern and northern sides. The southern border surface of the deposit is, in some measure, formed tectonically as a dislocation surface. At the same time the bottom layers are largely distorted tectonically in their normal succession. As a result, in the south the salt deposit is in contact with sundry stratigraphical stages of these deposits, even rocks of an older substratum, i. e. strongly dislocated Flysch deposits, mostly in the form of coarse tectonic breccia.

The rocks adjoining the salt deposit in the north are distinctly connected with it by a normal succession of sedimentation. It is a very monotonous series of Chodenice beds pierced by transverse galleries up to 100 *m* to the north of the salt deposit. The passage from the deposit to these rocks is very regularly developed on the whole area of occurrence of the deposit.

The set of Chodenice beds conformably adjoining the salt deposit from N appears in the form of marly, shaley, dark-grey clays arranged in distinct, 1 *dm* thick, beds and with quartz dust in stratification planes, as well as with 1 *cm* thick intercalations of fine-grained sand. The presence of these thin sand beds make these clays permeable. They also contain scarce intercalations of siliceous and sideritic marl. When weathering they turn brown and disintegrate into thin leaves.

The salt deposit of Bochnia was being made accessible by mining works during the 700 years of the existence of the mine. The works have already comprised practically all the deposit. Now-a-days the mine possesses the following five shafts (from W to E): Trinitatis, Campi, Regis, Sutoris and Floris (fig. 3). The chief exploitation shaft Campi makes accessible the central and, to a certain extent, the western parts of the deposit.

From the shafts exploitation levels were put into operation in vertical intervals of 20 — 30 *m*. The system of making the deposit accessible by means of shafts and mining levels has been represented, with the aid of a plan in fig. 3, where the depths of particular levels have been given as well. As we see, the following two systems of levels can be discerned: (1) in the eastern part of the deposit 9 levels of the shaft Floris bearing, so as to make it simpler, the markings Fl — F9, and (2) in the middle and western parts of the deposit 10 levels of the shaft Campi, marked C1 — C10.

In the exploitation level the salt formation has been made accessible by the system of single galleries. They are driven in two basic directions

in relation to the disposition of beds, i. e. one along the strike, more or less through the middle of the deposit, as the so-called drift, and, perpendicular to it, transverse galleries, called crosscuts.

For the purpose of synonymous definition of the position of the given point on one of the mining levels a local system of rectangular co-ordinates is applied; one axis of this system is directed E — W and the other N — S. The system has been marked in the plan in fig. 4.

#### LITHOLOGY AND STRATIGRAPHY OF THE BOCHNIA SALT SERIES AND OF THE DEPOSITS UNDERLYING IT

In the introduction to the stratigraphy of the salt series the common terms *t e x t u r e* and *s t r u c t u r e* — in the meaning in which they are going to be used further — are explained.

By the word *t e x t u r e* we understand the development of the elementary constituents of the rock, i. e. the size of mineral grains, their shape and their inter-relation in space in the rock „fabric“. On the other hand, the term *s t r u c t u r e* concerns the characteristics of the rock mass which are the effect of certain transformations of the mineral composition and of the texture. Thus the natural desintegration of the rock, the bedding, the way in which the concretion is disposed, etc. are structural features.

As regards salt, the following textural standards of grain size have been accepted:

< 1 mm . . . . .	fine
1 — 4 mm . . . . .	medium
> 4 mm . . . . .	coarse

Fine-, medium- and coarse-grained salt will be distinguished accordingly.

In determining the rate of pollution of salt one may use the terms accepted in the salt industry. And so „edible“ salt will denote rock salt appropriate for human food purposes without being purified by any special processes of mechanical or chemical operation. Such salt usually contains 1 — 3% of pollution by calcium sulfate, clay and the like. This pollution should by no means exceed 5%.

The salt series is one of the lowest stratigraphical subdivisions of the Miocene formation in the Bochnia region. In fact it is quite probable that this series was here and there deposited direct on an older substratum. On the major part of the area, however, the salt series was preceded by the deposition of earlier Miocene sediments which form its bottom deposits.

These bottom deposits underlying the salt series were made familiar with partly in the salt-mine and partly in the environs of Bochnia in natural and artificial outcrops as well as in prospecting bore-holes.

To establish the sequence of the bottom layers of the salt series is sometimes a difficult task as a consequence of hindrances of both primordial sedimentational and secondary tectonic character. Apart from that the lack of an adequate number of outcrops and the discontinuity of observation complicates this kind of task.

The deposits lying under the salt series being the first sediments of the Miocene formation were deposited on a very uneven substratum. The bottom of the thrown down area overrun by the Miocene sea must have been very irregular. In the first inundated area were presumably many peninsulas, islands, submarine cliffs and sand-banks. On so uneven a substratum sedimentation must have been very discontinuous. While in one place transgressive conglomerates were in the making, elsewhere, not too far, ordinary shallow-water marine sediments could be coming into existence, and still elsewhere on the inundated area could occur insular cuestas which, as the time went on and the substratum sank, also underwent gradual sinking.

As the result of the correlation of detailed profiles of a sequence of outcrops and drillings, the stratigraphy of the beds lying under the salt series has been established. It is evident that the thicknesses given have only a relative orientational meaning because of the mentioned irregularities in the space development of the said deposits and the subsequent changes of tectonic nature.

The succession of the bottom layers of the salt series appears as follows (from bottom to top):

(1) The lowest Miocene deposits are the breccias and conglomerates — with argillaceous cement — coming from Flysch rocks, and marly conglomerating claystones. The thickness of the conglomeratic deposit is 0,5 — 2,5 *m*.

(2) A marly — dark-grey and black — claystone of shaley or diagonally undulated, scaly structure. Upwards it turns into an arenaceous deposit (as below). Its thickness oscillates between several and ten odd metres. In the Bochnia region the thickness of 7 *m* has been assumed as average.

(3) A grey marly fine-grained sandstone containing plentiful muscovite powder. In its certain part — probably lower — it contains small pebbles and crumbs of exotic rocks; its character is semi-conglomeratic. Occasionally, it contains thin intercalations of dark-brown micaceous marl. The average thickness of the whole arenaceous deposit amounts to 5 *m*.

(4) A fairly hard, ash-grey marly shale, 2 — 4 m thick.

(5) A dark-grey marly claystone of shaley or scaley structure. It contains intercalations, a few inches thick, of hard — here and there siliceous — marl. The boundary between the shaley and scaley structure is not tangible. The thickness of this claystone varies and ranges from several to ten odd metres. In the closest neighbourhood of the deposit 15 m may be assumed as its original average thickness.

Amidst the last deposit — in its parts of distinct scaley structure — abundant crumbs, even patches, of Flysch rocks, especially of the variegated claystone, occur occasionally, as though scattered sedimentationally in the Miocene clay. They were presumably formed in the neighbourhood of islands and submarine Flysch ridges.

A certain subdivisions of the bottom claystone, of an outstanding scaley structure, representing a purer sediment, distinctly marly and comparatively softer, contains a rich *Globigerina* fauna (mentioned above). This subdivision is not discernible macroscopically in the monotonous mass of the whole deposit, and thus its discrimination in this manner does not seem to be possible.

(6) At the top, the bottom claystone is probably terminated with a bed of marly shale, 0,5 m thick, with intercalations of grey argillaceous anhydrite. This shale either underlays the bottom anhydrite of the salt series described below or is its facies equivalent. This uppermost bottom deposit of the salt series can be observed at the southern margin of the formation, e. g. at the western end of the mine on the level C6.

The bottom rocks of the salt series involve the occurrence of natural gas in the mine as well as in the environs of Bochnia. In the mine itself the occurrence of natural gas is bound up chiefly with the southern border of the salt deposit. This occurrence consists generally in rather insignificant exhalations of methane ascertainable in certain workings and bore-holes which disturb the bottom rocks of the deposit.

In the environs of Bochnia, namely within the area of the villages of Łapczyca, Siedlec and Moszczenica, the exhalations of natural gas are known to the local population in several spots. Besides, weak eruptions of methane were recorded during the drilling of „Łazy 1“ and „Łapczyca 1“.

To establish the stratigraphy of the series is sometimes extremely hard. The difficulties come from the fact that the layers of the salt series inside the deposit were far more distorted than the whole of the deposit among the surrounding rocks. The said distortions will be described in more detail in the chapter concerning the inner tectonics of the

deposit. However, in order to better understand the difficulties in solving the stratigraphy of the deposit, one has to consider in brief the nature of these distortions. They are foldings of relatively high amplitude joined with the squeezings of the limbs of folds and with partial overthrusts formed so as to make scales. Thence derives the few-times asymmetrical repetition of the same beds in the cross-section of the deposit. At the same time the succession of these beds was entangled by the peculiar plastic behaviour of the salt masses during the orogenic movements, contrary to the more rigid barren rocks that accompany the salt and underwent occasional tectonic smashing. Apart from complications of tectonic character, the reconstruction of the original stratigraphy of the salt series is hindered by the fact that the petrographical development of particular parts of this series is very much the same and therefore it is sometimes difficult to distinguish them macroscopically. Finally, the insufficient number of exposures in the mine and the discontinuity of observation involves more difficulties in the investigation of the succession of beds.

The stratigraphy of the salt series, in the normal succession of beds, appears as follows:

- 0,3 — 0,5 m Basal anhydrite, i. e. grey argillaceous anhydrite of compact or fine-grained texture; it occurs in the shape of concretions lying in one layer. It has been called basal anhydrite of the salt series in Bochnia.
- 3 — 5 „ Lower „zuber“ (Polish local term), i. e. dark-grey marly clay, generally non-bedded, peppered with small crystals and pockets of coarse-grained salt (5 mm). The density of salt grains is variable and usually increases toward the top.
- 2 — 4 „ In the uppermost part of the lower „zuber“ occurs a set of southern salts in which edible salt prevails; it is purer, grey and whitish in colour. This salt has a varying texture, i. e. it is medium- and coarse-grained, and its uneven development resembles the porphyric texture of igneous rocks. As the result of tectonic distortions, this salt was slicken-sided off the salt-clay mass in a way as to make occasional bigger concentration fit for exploitation, particularly by the southern border of the deposit. That is why it has been given the designation of „southern“ salt. On the other hand, the salt clay underwent strong squeezing up to the state of coarse breccia and was secondarily dissected by veins of fibrous salt.
- 4 — 5 „ Dark-grey, partially silty, shaley, marly claystone composed of distinct one-decimetre beds.
- 5 — 7 „ Anhydritic claystone composed of alternating thin (5 — 10 cm) layers of grey, marly, partially silty clay and of either concretionary or tripestone anhydrite.



- 10—12 „ Upper „zuber“, i. e. dark-grey, marly clay, generally non-bedded, intermingled with grains and clods of coarse-grained salt. It contains pockets of crystal salt whose cubes reach 10—30 *mm*. Besides, it contains a small ratio of anhydrite in the shape of small spheric concretions or grapes, especially in the lowest, but possibly also in its uppermost part. In its original position the upper „zuber“ contained, in its upper part, a deposit of coarse-grained (5 — 8 *mm*) edible grey salt of a thickness 3 — 5 *mm*; it was the so-called „green“ salt. In consequence of tectonic distortions, the deposit of green salt and the pockets of crystal salt underwent complete smashing into blocks of various sizes, whereas the whole of the upper „zuber“ was strongly squeezed and secondarily dissected by veins of fibrous salt.
- 15—25 „ Argillaceous-anhydritic shale composed of alternating, 1 inch thick, beds of dark-grey marly clay and of grey compact anhydrite in the shape of continuous small beds (tablets). The proportion of clay in relation to anhydrite gradually changes in the vertical profile. In the lowest part (3,0 — 5,0 *m*) it contains several thin strata (0,2 — 1,3 *m*) of pure coarse-grained (10 *mm*) salt, called „crystal“ salt. In its uppermost part (about 1,0 *m*) it is developed partially in the shape of foliated anhydrite and contains, too, a thin stratum (0,2 *m*) of crystal salt.
- 8—12 „ A body of middle salts made up by several salt beds, texturally and structurally differentiated and polluted to a lesser extent and only in some levels. The following salts are distinguishable in this body:
- The thickest and most characteristic is the bed of medium-grained, comparatively pure, edible salt, consisting of alternating, 1 *cm* thick, beds, strongly contrasting in colour owing to their white and grey shades. It is the so-called „stripped“ salt forming the greatest salt concentration in the Bochnia deposit and subject to the most intense exploitation.
- The second outstanding part of the middle salts is a medium-grained one, indistinctly and thinly bedded, with one-inch intercalations of grey argillaceous anhydrite in the form of hard shale disposed in 1 *mm* thick beds, i. e. of foliated structure. It is the so-called salt with foliated anhydrite intercalations.
- The third part of the middle salts is a purer edible salt of uneven texture. It is a medium- and coarse-grained one with single, one-inch salt crystals, and is called the „mesh“ salt, occurring in a bed about 0,5 *m* thick.
- Because of secondary tectonic entanglement, it is hard to determine the initial thickness and succession of occurrence of particular salt beds.
- 7 — 9 „ Anhydritic claystone made up by alternating thin beds (2—8 *cm*) of dark-grey marly clay and of anhydrite, the clay being quantitatively in excess of the anhydrite. It contains thicker intercalations (up to 2 *m*) of pure shaley clay. On its lower and middle parts this deposit has a distinct shaley structure with grey anhydrite in the shape of

continuous thin beds (tablet-like and stripped anhydrite). It is therefore an argillaceous-anhydritic shale. On the other hand, in its upper part it is an alternation of clay with beds of concretionary anhydrite or with tripestone. In its top part it contains several one-inch thick beds of salt.

- 8 — 10 „ A body of northern salts as a set of salt beds (0,1 — 1,0 m) alternating with beds of clay containing anhydrite (0,1 -- 1,0 m). The salt is mostly fine-grained, polluted with clay and anhydrite in various degrees. This body contains also beds of purer edible salt.
- 2 — 3 „ Shaley, dark-grey, marly claystone.
- 2 -- 3 „ Top anhydrite, i. e. argillaceous anhydritic shale.

The top anhydrite is superposed conformably by the top deposits of the salt series. They are connected with the latter by normal succession of sedimentation. The total thickness of the salt series averages 80 m.

Fig. 8 represents the simplified sketch profile of the salt series.

#### CONDITIONS OF SEDIMENTATION OF THE BOCHNIA SALT SERIES

The simplified stratigraphical profile shown in fig. 8 is the base for any deliberations on the sedimentation of salt in the Bochnia region. When analysing this profile in detail one is stricken by certain regularities in the whole disposition of beds, namely the salt series can be divided into lesser sets of beds in which recurs more or less the same succession of chemical sediments. It is, on one hand, the effect of physical-chemical laws which determine the succession of precipitation of particular salts according to the scheme given by *U s i g l i o*, and, on the other, it results from the periodic rhythmic recurrence of similar conditions of chemical sedimentation. As a result, the process of this sedimentation recommenced several times, in other words it consisted of several cycles. Thus referring to the whole salt series of Bochnia we have to do with the so-called cyclic sedimentation, as similarly in many salt deposits over the world. The cyclism in the process of sedimentation of salt series was stated, comparatively long ago in the early stage of development of salt geology, in the Germany Zechstein deposits (Stassfurt). In recenter times similar phenomena were observed and investigated also in series of sediments other than salt ones. Thus were described the Upper Carboniferous formations of North America (Pennsylvanian). And it was there that a special term was introduced respecting a unit set of beds corresponding to a single sedimentation cycle. Such a set has been called a *cyclotem* (18).

Further in this paper the term „*cyclotem*“ has been applied to denote a unit set of beds of the salt series being the result of one cycle of chemical sedimentation. It is in this way that one can tell the geological

process itself, as the sedimentation cycle, from the formed rocky substance which is the product of this process.

The products of chemical sedimentation of the Bochnia salt series are the anhydrite and rock salt called halite, in the meaning of a mono-mineral rock. They are both products that came into existence chiefly owing to evaporation of solutions; they are evaporates. Such barren deposits as the marly clays are undoubtedly, in some proportion, a product of chemical sedimentation, since the precipitation of calcium carbonate contained in them was preceded by the precipitation of calcium sulphate. On the other hand, magnesium and potassium salts lack altogether. It would imply therefore that the cyclotems specified below are not complete.

The salt series of Bochnia is divided into several cyclotems (fig. 8). As the guiding and fundamental deposits of each cyclotem, several centimetres thick sets of anhydritic claystone and the lowest layer of compact argillaceous anhydrite have been assumed. Thereby five basic cyclotems have been discerned, of which the fifth, i. e. the topmost one, is the most incomplete, as containing no salt whatsoever. Between the second and the third cyclotem one could distinguish as a separate unit one lesser unit set of beds, i. e. a „sub-cyclotem“, marked II A, as pertaining rather to the second cyclotem. Detailed division in the cyclotems is shown below:

Cyclotem number	Particular beds
V	(2) Top anhydrite (1) Shaley marly claystone
IV	(2) Northern salts set (1) Anhydritic claystone
III	(2) Middle salts set (1) Argillaceous anhydritic shale
II A	(2) Anhydritic shale with beds of crystal salt (1) Marly salt clay
II	(3) Upper „zuber“ with crystal salt and stratum of green salt (2) Anhydritic claystone (1) Shaley marly claystone
I	(3) Northern salts set (2) Basal anhydrite (1) Basal marly claystone and marly shale

In the Bochnia salt series it is the varying character of the process of chemical sedimentation that is especially conspicuous, and the preci-

pitiation of evaporates in particular. This character ensues the varying intensity of chemical sedimentation, i. e. the periodic alterations of parent concentrations of salt solutions.

In order to determine approximately the process of chemical sedimentation in the qualitative respect, several degrees of intensity of chemical sedimentation have been given below, according to the model given first by the Hungarian investigator E. v. Szadeczky-Kardoss, and subsequently modified by the German geologist F. Lotze (13).

In reference to the Bochnia salt series, the following three degrees of intensity are suggested:

Degrees	Kind of chemical sediment
1	Calcium carbonate in marl or marly clay
2	Calcium sulphate (anhydrite, gypsum)
3	Sodium chloride (halite)

The zero degree corresponds to deposits of entirely non-chemical origin, i. e. clastic ones.

In the quantitative respect, let the thickness of particular sediments be the approximate measure of intensity of chemical sedimentation.

On the above grounds, the diagram of intensity of chemical sedimentation of the Bochnia salt series while in the making has been drawn up in the rectangular system of coordinates (fig. 8). With the aid of this diagram one can point out the approximate characteristics of the sedimentation process as well as try to reconstruct the conditions of sedimentation of the salt.

The salt series forms one of the lowest stratigraphical sectors of the whole saliferous formation of the Bochnia region. The coming into existence of this series was involved by the transgression of the Miocene sea which invaded the depression area of the Western Subcarpathians from the side of Silesia.

The substratum of the Miocene transgression in the environs of Bochnia was the border region of the Carpathians' Flysch formations and of their northern foreland forming the easterly prolongation of the Cracow anticlinorium. The northern border of overlapping the compact formations of the foreland by the folded up Flysch ran presumably across the region situated south of Bochnia. The sea-bottom of the first Miocene inundation must have been topographically varied and very uneven.

The outlier of the salt series made acquainted with in the salt mine is a comparatively small fragment of the total area of sedimentation of this series in the Bochnia region. It is derived from the southern part of the area of sedimentation. This outlier was subject to folded crumpling and considerable displacement northwards in front of the overthrusting border of the Carpathians.

In the southern part of the area of sedimentation the salt series was deposited chiefly on older, next-to-bottom Miocene formations transgressing on the Flysch. It is also probable that this series was at random deposited direct upon the Flysch substratum owing to local elevations of the area of inundation, in the form of higher banks, peninsulas, islands, submarine steps and sand-banks.

The Miocene formations underlying the salt series have been described above. As a result of the dismemberment of the reservoir of sediments, the variety of horizontal and vertical development connected with it and subsequent strong tectonic distortions, the reconstruction of the detailed sequence of bottom layers and respective sedimentological conclusions is very difficult indeed. It is merely some suppositions that can be brought forward in this respect.

During the period when the bottom deposits of the salt series were in the making the more intense precipitation of calcium carbonate and the deposition of marl beds were probably the effect of the considerable isolation of the reservoir of sediments and the symptom of the beginning of chemical sedimentation. The accumulative levelling of the concavity of the reservoir of sediments and its consequent losing of depth, as well as the progress of its isolation caused the formation of a spacious salt pan in the environs of Bochnia.

A 0,5 m thick stratum of shaley marl with slight intercalations of argillaceous anhydrite, occurring in the immediate bottom of the salt series, is a presumed semi-chemical sediment. It underlays the basal anhydrite and maybe to a certain extent replaces it in respect of facies.

The deposition of basal anhydrite being already a definite evaporate in a layer 0,3 — 0,5 m thick started the salt series of Bochnia.

In the lower part of the Bochnia salt series the outstanding quantitative predominance of argillaceous deposits over the evaporates is obvious; in the first two cyclotems occurs a significant mixed salt-argillaceous deposit, called the salt clay, i.e. the „zuber“ in the strict meaning of the term, deserving special attention.

By the designation „zuber“ one should understand clay with salt and anhydrite in the aspect described in the preceding chapter, as

a deposit in the most part primitive, formed in the process of sedimentation and diagenesis. The „zuber“ thus conceived must not be identified with the ordinary salt breccia, which is a secondary deposit. Besides, it should be taken into consideration that the mechanical behaviour of the „zuber“ is individual during orogenic movements; the „zuber“ does not undergo singular crushing and secondary cementing with salt.

The „zuber“ in the proper meaning of the word is the characteristic deposit in many salt series, and its lithological development in various series is very much alike. E.g. the likeness of development of two versions of the „zuber“ so distant palaeogeographically in salt deposits as the Miocene deposits of the Subcarpathians and the Zechstein deposits of Kujawy (Central Poland) is very great. Moreover, the „zuber“ deposits have a definite stratigraphical position in particular salt series and are distinguished by their extraordinary constancy of development and continuity of occurrence on large areas. The above grounds are sufficient to maintain the opinion that the „zuber“ represents a certain peculiar type of salt subfacies.

As a mixed deposit, the „zuber“ is partially a clastic sediment and partially a chemical one of different degree of intensity, since the marly clay, salt and anhydrite were being deposited simultaneously. As shown in the diagram fig. 8 the greatest changes of intensity in the chemical sedimentation correspond to the „zuber“. All this brings forward the supposition that the creation of the „zuber“ is in connexion with phases of tectonic disturbances, and that the „zuber“ subfacies corresponds to the more violent movements of the substratum, first of all to the sinking of the salt-pan bottom. In these circumstances the topographical isolation of the pan is put out of order, and its area becomes a periodic reservoir of sediments for new waters bringing in clay in suspension and becoming, on their way, saturated with the previously deposited dissolved salt. At the same time the possible turning of the climate from arid to humid does not seem to exert any greater influence in the forming of the „zuber“ than the above mentioned tectonic factor. On the other hand, the creation of thicker beds of saltless claystone should be ascribed to climatic changes.

The typical „zuber“ of the first cyclotem of the Bochnia salt series can be taken as proof of the tectonic disturbance that prevailed at the beginning of the sedimentation of this series. Conditions exceptionally favourable for the simultaneous deposition of clays and precipitation of evaporates existed at that time; they were brought about chiefly by

the movements of the substratum. The set of southern salts is the result of the temporary calming down of these movements and of the stabilisation of uniform conditions of sedimentation in arid climate.

The southern salts, however, do not distinguish themselves by any considerable continuity of occurrence on a larger scale. Besides, they are characteristic for their unsteadiness of grain development, appearing in the peculiar subporphyric texture, etc. Moreover, they contain small crumbs, and exceptionally even bigger pebbles, of Flysch rocks, carbonized vegetable matter and well preserved specimens of the coral *Caryophyllia salinaria*. Basing upon these essentials of the southern salt, one could conclude about the dismemberment of the original salt pan, the existence of peninsulas and islands with exposures of the Flysch series, the nearness of a continent with a flora of a more humid climate, the relatively recently interrupted connexion of the salt pan with the open sea, and maybe also about the still occurring intrusion of sea waters into the pan and the partial washing out of the previously deposited salts. Hence the conclusion that the conditions of chemical sedimentation were not yet stabilised and uniform on a larger area.

The first cycle of chemical sedimentation was interrupted by the accumulation of clay several metres thick, which doubtless is an evidence of a change of climate into a more humid one.

In the second cycle of chemical sedimentation the „zuber“ with discontinuous salt deposits is again in predominance. That would bear witness to a recurring period of tectonic disturbances and bound up with it, the instability of the conditions of sedimentation. Anhydritic shale with thin strata of crystal salts closing the second cyclotem is a symptom of a certain stabilisation in this respect. This last set of beds can be discriminated as the subcyclotem IIA.

The salts of the first cyclotems are bituminous, similarly as in other salt series. This fact seems to confirm their stratigraphical position.

In the third cycle of chemical sedimentation the deposition of argillaceous-anhydritic shale of considerable thickness probably brought about the accumulative levelling of the dismembered area of the salt pan. Thus a very spacious floor for the set of middle salts was formed.

The middle salt are the sign of a maximum stabilisation of the conditions for chemical sedimentation of the salt series in the Bochnia region. Their vertical and horizontal development proves to be the steadiest. Their chemical sedimentation attained the maximum of possible intensity. Moreover, these salt represent the chief mining wealth in the Bochnia deposit.

The northern salts — as a set of thinner beds of salt and clay alternating with anhydrite — are the result of frequent changes in the conditions of sedimentation whose general trend is towards abating chemical sedimentation to the advantage of the mechanical one. In this case both the topographical alterations of the area of sedimentation are taken into consideration in connection with the tectonic factor, as well as the climatic changes.

The last cycle of chemical sedimentation started by the top anhydrite was stopped by the deposition of typical Chodenice clays.

In the general profile of the Bochnia salt series a certain continuity of the process of sedimentation is brought into prominence in the passage from the normal facies of dark clays, i.e. euxinic, to the saline one, and vice versa. On the other hand, as it is shown in the diagram (fig. 8), there were frequent oscillations of a maximal margin of intensity in the detailed course of the chemical sedimentation.

The chemical sedimentation of the salt series described did not reach a higher degree of intensity, since the potassian-magnesian salts were not precipitated. Besides, there are no traces whatever that would prove of their leaching if it had ever come to their depositions. This means that none of the cycles of chemical sedimentation was complete, and it should be assumed that at the close of each of them the concentrated potassian-magnesian lye was diluted by new waters of a recurring inundation.

The geological materials collected do not render it possible to present the facies alterations on the area of sedimentation of the salt series, the field of observation being restricted to a smaller segment of this series.

It is evident that the expansion of the anhydrites of the series is far wider than that of the salt, and that the anhydrites and gypsum will take the place of the salt while getting closer to the border of the salt pan.

The palaeogeographical reconstruction of the salt pan would be rendered possible by the including of a larger region of the Western Subcarpathians into the area of detailed investigation and by connecting it with the Wieliczka salt deposit.

#### MORPHOLOGY OF THE DEPOSIT

The deposit is distinctly confined from south and north.

On the southern border surface of the deposit the formations of the salt series are in touch with different members of the floor series. In the majority of the bordering exposures we can notice the unconfor-



mable contact between the floor formations — usually strongly distorted — and the last southern beds of the deposit. Thus the southern border of the deposit is, in some measure, tectonically shaped as the dislocation surface. A partial overthrust of the floor formations on the crumpled salt series involving the oblique cutting off of its inner folds occurred along this dislocation surface.

The northern border of the deposit is comparatively easy to determine. The top formations of the salt series are bound up with it by the normal sequence of sedimentation and usually lie conformably on the deposit. The upper surface of the top chemical sediment of the salt series, viz. the top anhydrite, has been recognised as the northern border. The fixing of a thus conceived northern border either in transverse galleries (cross-cuts) or in bore-holes is synonymous and will not have to meet any difficulties.

The morphology of the deposit within the bounds of the mine can be shown graphically as follows:

A fragment of the deposit comprised by the mine has been shown in a vertical longitudinal plan (fig. 3). At the same time the plan illustrates certain tectonic relations in the deposit, described below.

The fundamental material for the reconstruction of the morphology of the deposit consists in the geological plans of particular mine levels, otherwise called horizontal plans, with the delineated borders of the deposit. Plans of this kind are horizontal cross-sections of the deposit.

Fig. 4 shows the borders of the deposit on certain selected mine levels, drawn in one plan. It is thus as if a fragmentary hypsometric plan of the deposit with uneven vertical intervals of contour lines. The southern and northern border lines of the deposit have been marked differently for the purpose of their easier discernment. The figures added to the plan marked (+) and (—) indicate the altitudes of particular mine levels with reference to the sea level. The plan comprises the following levels: F1(+142), C1(+37), C5(—54), C6(—78), C7(—99), C9(—139). For the purpose of easier orientation in the width of the deposit on particular levels, the space between the southern and northern border (surface of cross-section of the deposit) has been chequered.

Fig. 5 shows vertical transverse cross-sections of the deposit, arranged in succession from west to east. They are contour, or full, cross-sections, similar to the horizontal ones in fig. 4. The surfaces of the cross-sections south-north have been marked with the figures of corresponding meridians of the system of coordinates of the mine, i.e. from west to east: (—)1150, (—)900, (—)600, (—)300, (—)100, (+)100, (+)400, (+)750, (+)1100, (+)1400, (+)1550, (+)1850.

The morphology of the salt deposit as a whole has been made visible by the plans and cross-sections made. Its aspect is as follows:

In horizontal cross-sections the deposit has an elongated lens-like shape. In practice the width of the deposit changes within the limits ranging from several score to at most 200 *m*. On either side along the strike of the deposit, i. e. west- and eastwards, the gradual wedging out of the deposit combined with flexural warpings, takes place.

Some exceptional mine galleries running along the strike of the beds still further westwards have revealed the fact that beyond the flexural thinning there extends a torn off lens-like fragment of the deposit (fig. 4).

The correlation of the transverse cross-sections of the deposit (fig. 5) gives the best notion of its position. It shows that the deposit as a certain morphological unit — in other words a salt mass — appears, in its schematic profile, as an irregular lens-like mass, arranged steeply, its dip being predominantly southward. In its upper part, i.e. towards the exposures as well in the lower part past the downward dip, the general thickness of the deposit diminishes.

From the correlation of particular profiles we can see that in its upper part the deposit sinks very steeply, practically vertically, the dip being south- or northward. From a certain depth (200 — 300 *m*) down it sinks definitely southwards, with a general average angle of dip. It is but in which the mentioned warping of the total deposit with a southward the average angle of dip being to the south (profile + 1400 and following ones).

In the particular profiles of the deposit, in its varying thickness and in the way in which it dips a significant morphological feature is striking, viz. from the exposure downwards the salt deposit gains in thickness down to a certain depth where a definite southward warping combined with a northward bulge occurs. At this depth the deposit attains its peak thickness and mining optimum, i.e. contains the richest salt agglomerations. From the said depth downwards the thickness of the deposit abates.

As far as the further morphological details are concerned, the manner in which the mentioned warping of the total deposit with a southward dip takes place, combined with its swelling from the north, is slightly different in particular profiles. It is, in some measure, connected with the way of bending of the beds adjoining conformably the deposit on the north, namely the top beds of the salt series. It is upon this more or less pronounced way of bending that depends, to a considerable extent, the inner tectonics of the deposit and its mining contents at the given depth.

In tending to seize certain regularities in the morphology of the salt deposit one followed its more outstanding elongated protuberances from the northern side, the so-called humps. At the same time were outlined

the longitudinal axes of these forms more or less approximately in fig. 3. Thereby was revealed a very significant tectonic feature of the deposit forejudging its conditions of occurrence and mining value. It can be presented as follows:

From the north the longitudinal axes of the protuberances of the deposit are continuous, more or less conformable, i. e. parallel to each other, and dip from east to west at an angle of  $10-15^{\circ}$ . The most outstanding is the main hump of the deposit corresponding to the maximal width of the latter and to the biggest agglomeration of salt. Considerably smaller is the lower hump sharply outlined in the eastern profiles beginning from the meridian (+)750 and on to the east.

More or less parallel to the axes of the above described humps of the deposit run, from the north, its longitudinal concavities in the form of considerable transverse thinnings and lines (edges) of the partial wedging out of deposit. The latter regards the edge of the upward wedging out, investigated in its western part.

The top line of the deposit delineated in the plan (fig. 3) is the edge of the wedging out of the deposit from above and, at the same time, of the zone of squeezing (tearing up) of the deposit along a certain longitudinal dislocation.

Following the dip also the salt deposit undergoes gradual wedging out with some bends. In the plan (fig. 3) we can see the roughly approximate lower border of the deposit foreseen.

In the morphology of the deposit special attention is due to its dipping in the longitudinal trend from east to west (fig. 3). The symptom of this phenomenon is the angle at which the longitudinal axes of the humps in the deposit are inclined. The most plausible, however, is the dipping of the axis of the largest protuberance in the deposit from the north. This axis dipping at an angle of about  $12^{\circ}$  may be identified approximately with the longitudinal axis of the whole deposit.

The statement of the fact that the deposit sinks in the longitudinal direction is of utmost importance as regards the causal explanation of the superficial geological relations of Bochnia, the place of discovery of the salt deposit, the localisation of the oldest part of the mine, the general trend of spreading of the former mine workings, etc.

#### INNER TECTONICS OF THE DEPOSIT

Disturbances in the arrangement of beds inside the salt series, or its inner tectonics, are, so to say, the small-scale reflection of the surrounding tectonic relations. Yet the inner tectonic distortions are intensified in relation to those undergone by the deposit as a morphological whole

amid the rock formations surrounding it. Putting it in a nutshell, the inner tectonics of the salt deposit are of a higher rank than the general, or outer, tectonics.

The inner tectonics of the Bochnia salt deposit are very complex. As can be seen from vertical cross-sections of the deposit, the disposition of beds of the salt series is highly intricate. In certain parts of the deposit it came as far as to the comminution of barren beds into coarse or fine salt-cemented breccia. Hence arise extraordinary difficulties in the geological research of the deposit, and in the consistent study of its inner structure we attain the limit possibility of solving it.

A brief outline of the inner tectonics of the deposit given below is the result of the correlation of its detailed horizontal and vertical transverse cross-sections in the scale 1 : 500 and 1 : 1000, almost complete or fragmentary. Basic material for making these cross-sections was provided by geological surveys of underground workings in the scale 1 : 100 and 1 : 200. Fragmental examples of a detailed geological survey of transverse galleries have been shown in fig. 6 and 7. On the grounds of these surveys geological hypsometric plans, or horizontal cross-sections of the deposit, are made.

Plates II and III represent the cross-sections of the deposit across the shafts Campi and Sutoris respectively. Simplified tectonic sketches have been enclosed to the cross-sections so as to explain the complex inner structure of the deposit.

The salt series of Bochnia is an exceptional and unique accumulation of folds of the salt series along a certain zone in the northern limb of the Bochnia anticline. This elongated zone of the greatest accumulation of inner folds, the so to say main tectonic knot of the salt series, is located on the level of the deposit, i. e. 300 — 500 *m*. In transverse vertical cross-sections this knot is corresponded to by the greatest thickness of the total deposit and by its mining optimum. Taking the centre of the deposit as the starting point of our observations we notice, both up- and downwards, a, so to say gradual disentanglement of the tectonic knot, which means that the intensity of folding lessens so that in the top, as well as in the lowest part of the deposit, made accessible by mine workings, a practically normal succession of beds can be seen. In the simplified tectonic sketches (Plates II, III) it has been shown means of successive numeration.

In consequence of intense folding, steep folds of high amplitude occur in the salt deposit. Such intense folding was connected with the partial tectonic squeezing of certain limbs of folds and with overthrusts in the squeezing planes.

As regards the course and way of the folding in the deposit, the folds in general could be called regressive or descending (fig. 9B), con-

versely to the progressive or ascending ones (fig. 9A). The assertion of the fact that it is exactly such a way of folding that predominates in the deposit is of importance in regard to the elucidation of general tectonic processes in the making of the deposit.

Among all the characteristics of the inner tectonics of the Bochnia salt deposit the most striking is the entirely different mechanical behaviour of salt from that of the barren rocks of the salt series during folding movements and other tectonic processes. This peculiar behaviour of salt ensues its physical-chemical characteristics; its aptitude to plastic deformations under pressure should be specified first of all, as well as its low specific volume in comparison with ordinary barren rocks. These characteristics involve such phenomena as plastic translocation, intense shearing of salt off more rigid rock layers, accumulation of salt in fold bends, phenomena of diapirism, i. e. piercing of fold bends by the salt mass, and finally phenomena of natural refining of salts as a result of the wedging out of the barren beds separating them.

In different transverse cross-sections of the Bochnia salt deposit, fairly distant from each other, the detailed picture of the inner tectonics is, in some measure, different. It results already from the varying contour profiles of the deposit showing its morphology (fig. 5). Thus, for instance, the schemes of the inner tectonics in the cross-sections of the shafts Campi and Sutoris (Pl. II, III) differ from one another. And yet, despite these considerable differences in the intricate course of beds in the salt series, from top to bottom, the common features of the main tectonic knot of the deposit are accentuated in different cross-sections. Fig. 10 is a generalised illustration of this knot and represents, in the utmost simplification, the kind and character of tectonic disturbances within the deposit in its middle segment, i. e. omitting its narrowed and outwedging western and eastern parts.

The salt series folding in its certain longitudinal zone was sheared off its substratum, i.e. the floor formations, and partly also off the superjacent top formations. Likewise the particular parts of the salt series, confined between the bottom and the top formations, were subjected to reciprocal shearing, i. e. the salt complexes with regard to the barren block dividing them. It should be added that the strongest shearings occurred on the surface of contact between the most rigid rocks concentrated in thicker blocks, and the thicker complexes of purer salt fairly well bedded.

The term of salt deposit is applied to a natural salt accumulation of industrial value. Such accumulation can be the result of merely chemical sedimentation which leads to the formation *in situ* of salt sediments thick enough to represent some industrial value even the primordial horizontal disposition. Apart from salt deposits of this kind, there exist,

however, deposits in which salt accumulations of industrial value came into existence only in consequence of secondary tectonic processes, and were formed of thin and poor salt beds which in the primordial arrangement would not have paid from the mining point of view.

Apart from the mining values represented by the salt strata of the described salt series, it would not be out of place to state with due stress that in the Bochnia salt deposit we have to deal with bigger salt accumulations being mostly the result of secondary tectonic processes. Thus they are a sort of enrichment of salt by natural tectonic processes or, in other words, natural tectonic enrichment. The best evidence of this statement is supplied by the detailed cross-sections of the deposit.

#### PROCESS OF FORMATION OF THE DEPOSIT AND SOME FEATURES OF DEEPER TECTONICS IN THE ENVIRONMENTS OF BOCHNIA

The salt series plays an important part in the process of tectonic disturbances undergone by the saliferous formation of a major segment of the Western Subcarpathians in the wider Bochnia region. This series formed, to a certain extent, a plastic intercalation between the more rigid substratum of the saliferous formation and the big bundle of Chodenice beds, and fulfilled the task of a shock-absorber of tectonic tensions between the bottom and top formations. These tensions neutralized each other in a large extent at the expense of second-rate deformations inside the salt series. This referred, on the most part, to cutting tensions evoked by the tangential forces derived from the pressure of the Carpathian border and the resistance of the autochthon of the foreland. Originally these forces acted practically in the bedding planes of the salt formation and caused overthrusts, while the salt series formed a, so to say, slide-mass for the cluster of the top beds.

In the Bochnia Subcarpathians the saliferous formation underwent stronger folding and further advance to the north in front of the overthrusting border of the Carpathian than in areas adjacent from east and west. This northward advance is the most pronounced along a sector of several kilometres on which Bochnia is situated. The said phenomenon involves the tectonic process of the making of the well known salt deposit.

It is as far back as the period of the first orogenic movements which comprised the salt formation, when the chief anticlines began to set off, that second-rate folds inside the salt series must have come into view. In the zone predetermined to become the northern limb of the Bochnia anticline these second-rate folds of the salt series shearing off the floor beds were inclined from north to south (fig. 11). Thus the tectonic tensions between the floor and the top of the salt series evoked chiefly by tangent forces directed in opposite ways were brought to nil. In the fur-

ther tectonic activity took place certain progressive movements of the salt-formation folds from south to north; the substratum was simultaneously undergoing the process of sinking in some of its zones and uplifting in others. The result of these agencies were partially rotatory movements of the folds recorded in the inner tectonics of the salt deposit.

The strong piling up of the salt-formation folds of the Bochnia sector bears witness to a greater proportion of the over-thrust of the Carpathian border on one hand, and to the resistance created by the autochton of the Carpathians foreland on the other.

In the final phase of the dying out orogenic movements the folded salt formation adjusted itself tectonically to the irregularities of the older substratum. There are facts that indicate the style of the tectonics and the character of the dislocation of the said substratum and thus enable us to infer as to the formations constituting it. It is the manner of tectonic superimposition and adjustment of the salt formation to the salt formation to the irregularities of the substratum by a sequence of posthumous movements. On the foregoing grounds, it could be supposed that one of the compact formations of the foreland's autochton of block tectonics — being the easterly prolongation of the Cracow anticlinorium — is the direct substratum of the Miocene at Bochnia.

#### EXPOSURES OF THE SALT DEPOSIT AND NATURAL LEACHING OF SALT

By preliminary investigative works it was ascertained for the first time that there existed an exposure of the salt deposit in the shape of a narrow gypsum cap (fig. 1) covered in the most part by Quaternary deposits. It was called the belt of gypsum accompanying salt to make it discernible from possible other occurrences of gypsum. The belt of this gypsum became later the guide in the search of the continuation of the salt deposit at Bochnia along its eastward and westward extension.

The subsurface part of the deposit undergo leaching of salt whereas the anhydrite is transformed into gypsum owing to the action of waters which penetrate from the surface into the depth of this steep set of beds. In the hydrogeological conditions of the Bochnia region the depth reached by complete leaching of salt averages a few score of metres, and only in exceptional cases does it amount to less than that. On the other hand, the complete or partial transformation of anhydrite into gypsum reaches over 100 m.

The leached subsurface parts of the salt deposit consist of clays, sometimes more and sometimes less weathered, with gypsum beds and concretions.

Gypsum being more resistant to washing out than argillaceous rock waste, its concentration (gypsum cap) takes place here.

The area of the exposure of the salt deposit, like the environs of Bochnia in general, is covered with a mantle of meagre post-glacial clays. In certain exceptional segments the gypsum cap was uncovered, as shown in fig. 12.

Exceptional brine springs are the superficial symptom of natural leaching of salt. One of them, located at Łapczyca, was at one time operated for the production of brine salt.

#### MINING CHARACTERISTICS OF THE DEPOSIT AND CONDITIONS OF ITS OPERATION

The object of output in the Bochnia salt deposit is edible salt occurring in beds whose thickness averages 1,5 to 3,0 m, amongst impure salt and barren rocks.

The system of operation of the Bochnia mine is adapted to the peculiar geological conditions. The rocks of the deposit are fairly compact, but at the same time form a layered complex of considerable flexibility. These features render it possible to make workings of larger dimensions which, with respect to their space, deserve the term of chambers above which not the sudden sagging but the slow and uniform subsidence of the hanging wall takes place. The shapes of the mining body are conformable to the strata and their thickness is mostly medium. The dips are steep or medium. The normal segregation of the salt output in the workings gives considerable amounts of impure salt residue (waste), which is left underground.

In the above conditions the mining method of operation by means of longitudinal shrinkage stopping has been adopted, i. e. room method without pillars, with plastic subsidence of the hanging wall and with complete waste filling. In this system the salt stratum is taken off by shrinkage stopping and simultaneous filling in horizontal slices, stope faces about 5 m high being displaced as shown in fig. 13. Thus the longitudinal line of the hanging wall is undulated. It is the modification of the former system called overhand stopping method that used to be applied in the period of the hand breaking of the salt rock.

The beds in operation possess a certain, varying, quantity of argillaceous intercalations. In the present conditions beds containing 30 — 70% of edible salt are in operation. Considerable quantities of impure salt rock are obtained thereby; it constitutes the waste which is made use of as stowage material.

On operating particular parts of the deposit we may face the excess, as well as deficiency, of stowage material in the form of impure salt.



The problem either of getting rid of the said excess or supplementing the deficiency of stowage material involves the problem of expensive underground transport. That is why special mining calculation is indispensable to the decide as to whether operation in the given place is commercial.

In the general critical estimation of the system of operation and management of the deposit, the leaving under ground of averagely over 50% of mining output in the form of impure salt seems most irrational. It is bound up with the lack of an establishment for salt refining.

Compared to other salt deposits worked by means of underground mining, the Bochnia salt deposit has the most awkward geological conditions. It was in the adaptation to these natural conditions that the pioneering perseverance and the great mining effort found their expression during several centuries.

The Bochnia salt deposit as a certain morphological whole was dissected by mine galleries in the major part of its occurrence, and was almost completely worked out. 7 000 000 tons can be accepted as the orientational figure of the total output of edible salt during the lapse of 700 years of operation. In the present economic and technical conditions, i. e. the yearly rate of output being about 60 000 tons, the remaining resources could secure the normal working of the mine at the utmost for the duration of some ten odd years.

#### FINAL CONCLUSIONS

In spite of the results obtained and mentioned above, the correlation of the geological data so far available does not give us the full profile of the Bochnia region. Quite a number of questions concerning both the stratigraphy and the tectonics in the area described is yet to be elucidated.

As regards the more important stratigraphical problems, we are not able to determine, on the grounds of the data so far available, the limits of the considerable changeableness of the vertical and horizontal development of the lowest parts of the saliferous formation as the floor formations of the salt series. Further, the elucidation of similar facies alteration of the salt series in the wider environs of Bochnia also is in close connexion with the subject of the present paper. This elucidation demands, first of all, the stratigraphical correlation between the salt series of Bochnia and that of Wieliczka. Besides, there are great obscurities as to the lithological development of the uppermost Chodenice beds, as well as the lowest Grabowiec beds.

Gaps in the knowledge of the tectonic picture of the area under investigation concern the deeper and older substratum of the salt series.

Consequently, it seems probable that in the Bochnia belt there is a sunken massif of the autochthon of the Carpathian foreland in the substratum of the Miocene, e. g. as one of the rigid Mesozoic formations in the easterly prolongation of the Cracow anticlinorium.

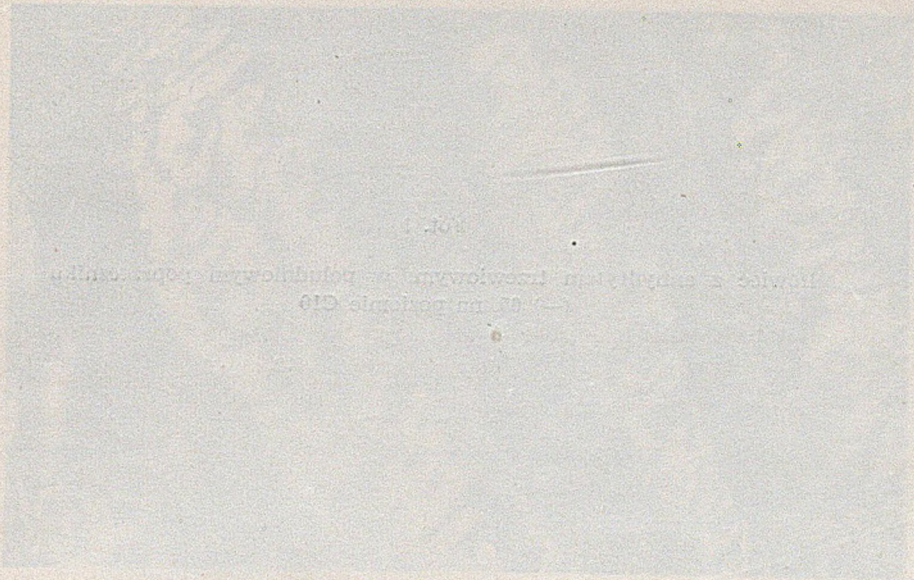
The solution of the geological problems of the Bochnia region may have economic meaning. It concerns, first of all, the possibility of the occurrence of more salt deposits and natural gases.

The possibilities of discovering new salt deposit beyond the mine were tested by the author. The geological research in the Bochnia region led to the following practical conclusion: there exists the probability of the occurrence of richer salt concentrations beyond the known Bochnia deposit. In this respect the most interesting are the segments of the salt series in the vicinity of Bochnia where natural enrichments of the salt strata, originally poorer, could have taken place as the effect of suitable tectonic disturbances.

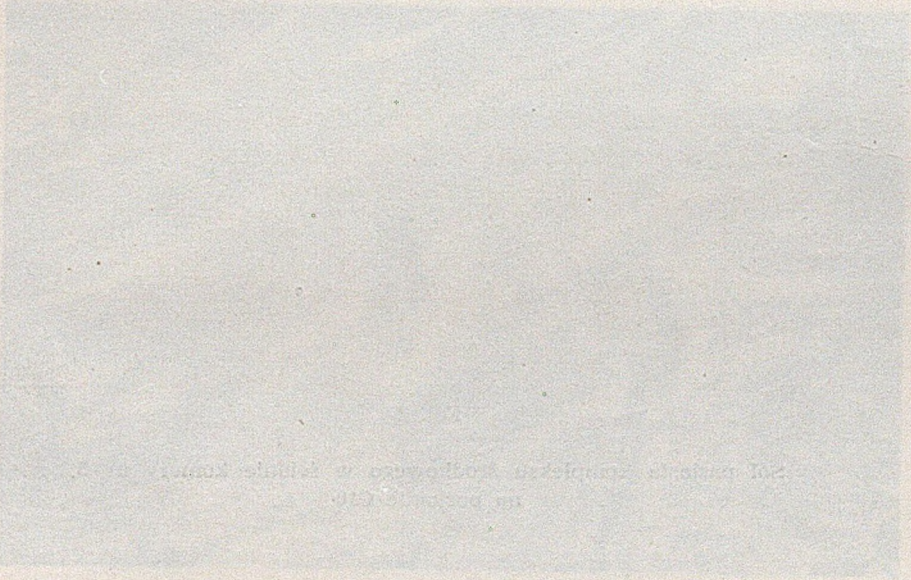
As regards natural gases, it will be of some importance to solve the following questions: what parent rocky formation do these gases come from? and is there a possibility to discover larger reservoirs of these gases in connexion with deeper tectonics?

In 1946, owing to the initiative of K. T o ł w i ń s k i, drillings in the Bochnia region were set in motion in order to make clear the problem of bituminous deposits. At the same time was taken up the more accurate research of Flysch deposits in the core of the Bochnia anticline and the overthrust of the Carpathians' border. These researches will certainly fill the mentioned gaps in the so far known geological cross-section of Bochnia. In this respect, the profiles of the recent deep bore-holes will be of most interests and the most competent.





101



Consequently, it seems probable that in the Bechnia belt there is a certain amount of the affluxion of the Carpathian foreland in the substratum of the Miocene, e.g. as one of the early Miocene formations in the easterly prolongation of the Cracow depression.

The solution of the geological structure of the Bechnia region may have economic meaning. It concerns, in fact, all the possibility of the occurrence of large salt deposits.

Fot. 1

Włowiec z anhydrytem trzewiowym, w południowym poprzeczniku  
(—) 65, na poziomie C10

As regards nature's gifts, it will be an advantage to solve the following question: what amount of rock-salt is there under some parts of the Bechnia region, and is there a possibility to discover larger amounts of these salts in connection with deeper tectonic disturbances?

As regards nature's gifts, it will be an advantage to solve the following question: what amount of rock-salt is there under some parts of the Bechnia region, and is there a possibility to discover larger amounts of these salts in connection with deeper tectonic disturbances?

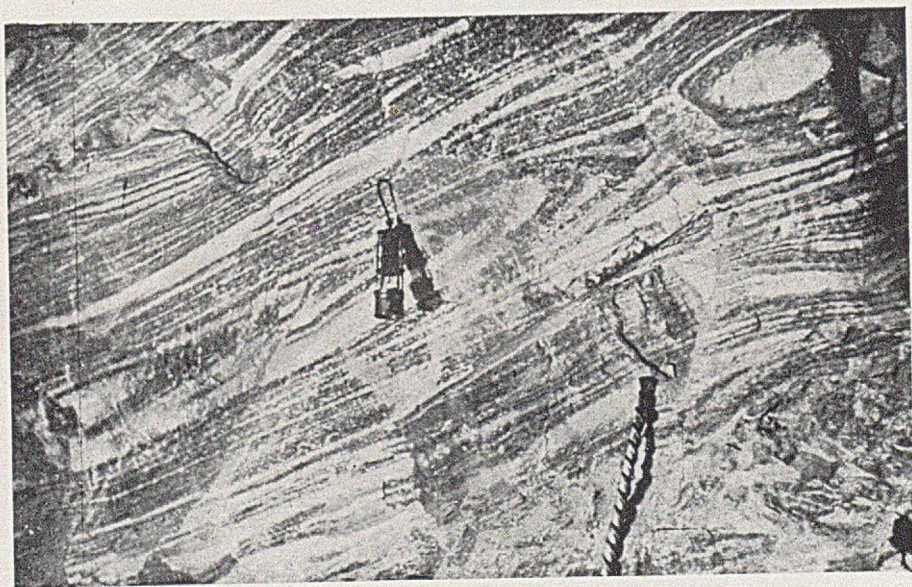
In this regard, the initiation of a series of scientific drillings in the Bechnia region must set in motion in order to solve first the problem of Miocene deposits. At the same time, we must solve the more accurate question of Eocene deposits in the zone of the Bechnia syncline and the overbrust of the Carpathian Basin. Further researches will certainly fill the mentioned gaps in the geological knowledge of the Bechnia. In this respect, the problem of the future deep bore-holes will be of most interests and the most important.

Fot. 2

Sól pasiasta kompleksu środkowego w ścianie komory nr 5,  
na poziomie C10



Fot. 1



Fot. 2

Józef POBORSKI. Złoże solne Bochni

Fot. 3

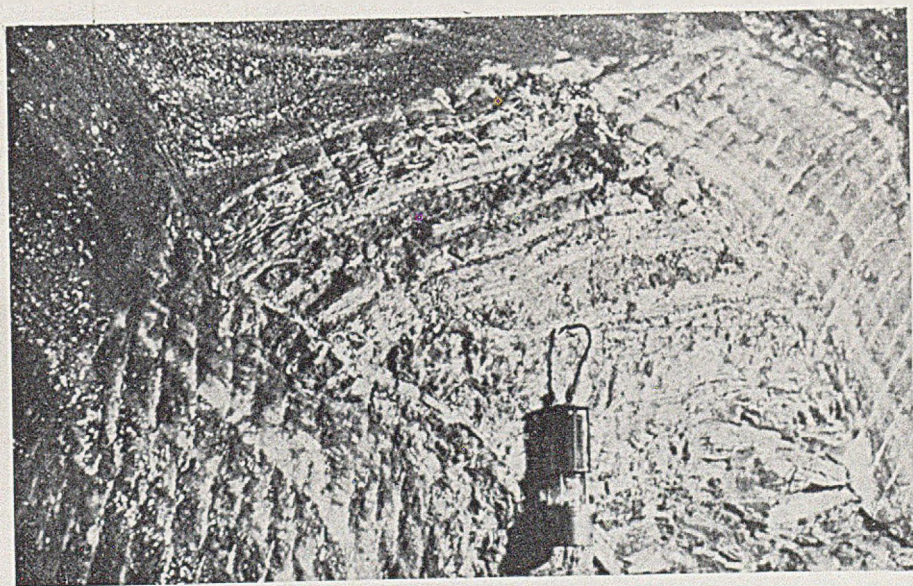
Sole północne z przerostami iłowca z anhydrytem w czole komory nr 80,  
na poziomie C6. S — sól, i — iłowiec

Fot. 4

Porwak łupka anhydrytowego w soli środkowej



Fot. 3

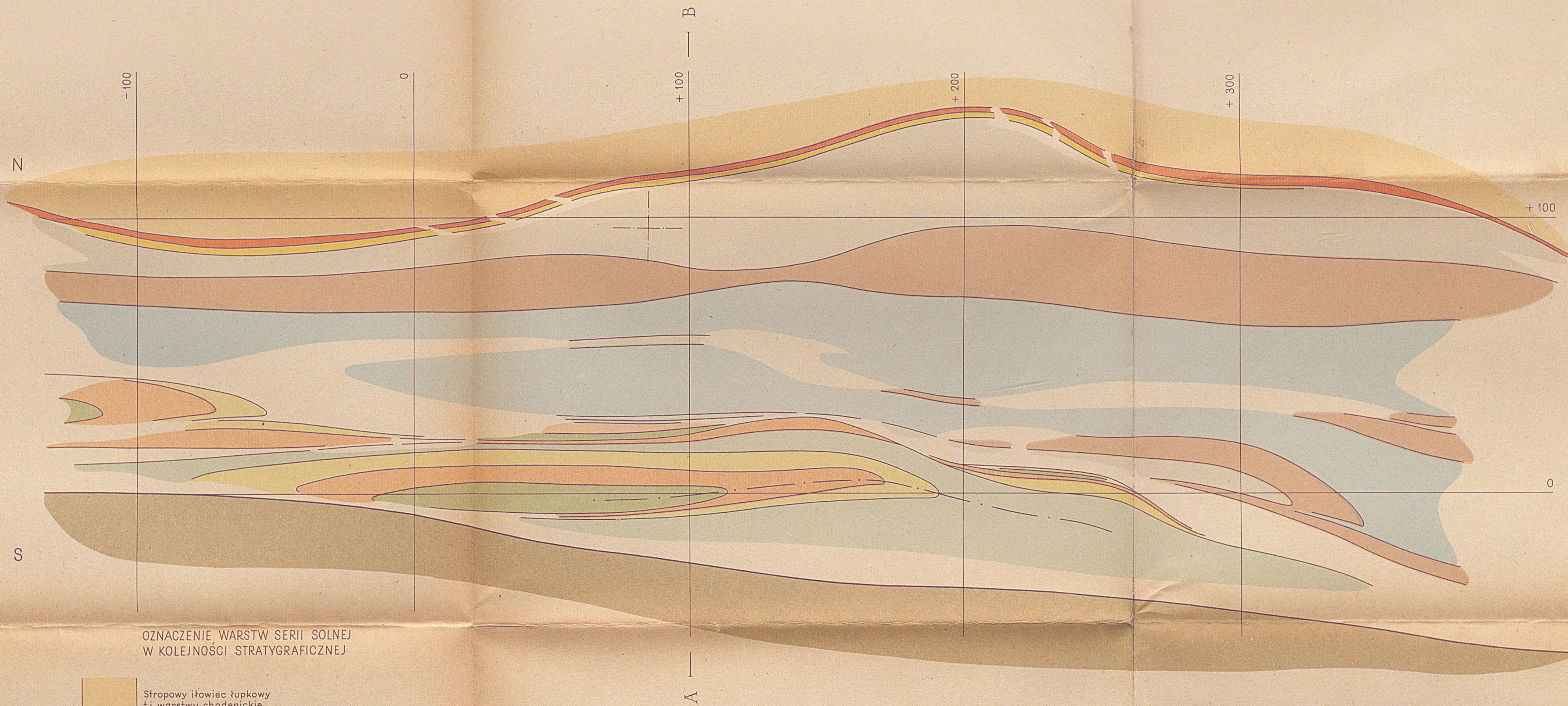


Fot. 4

Józef POBORSKI. Złoże solne Bochni

JÓZEF POBORSKI

# PLAN GEOLOGICZNY POZIOMU C 9 (CZEŚĆ ŚRODKOWA) W KOPALNI SOLI W BOCHNI



OZNACZENIE WARSTW SERII SOLNEJ  
W KOLEJNOŚCI STRATYGRAFICZNEJ

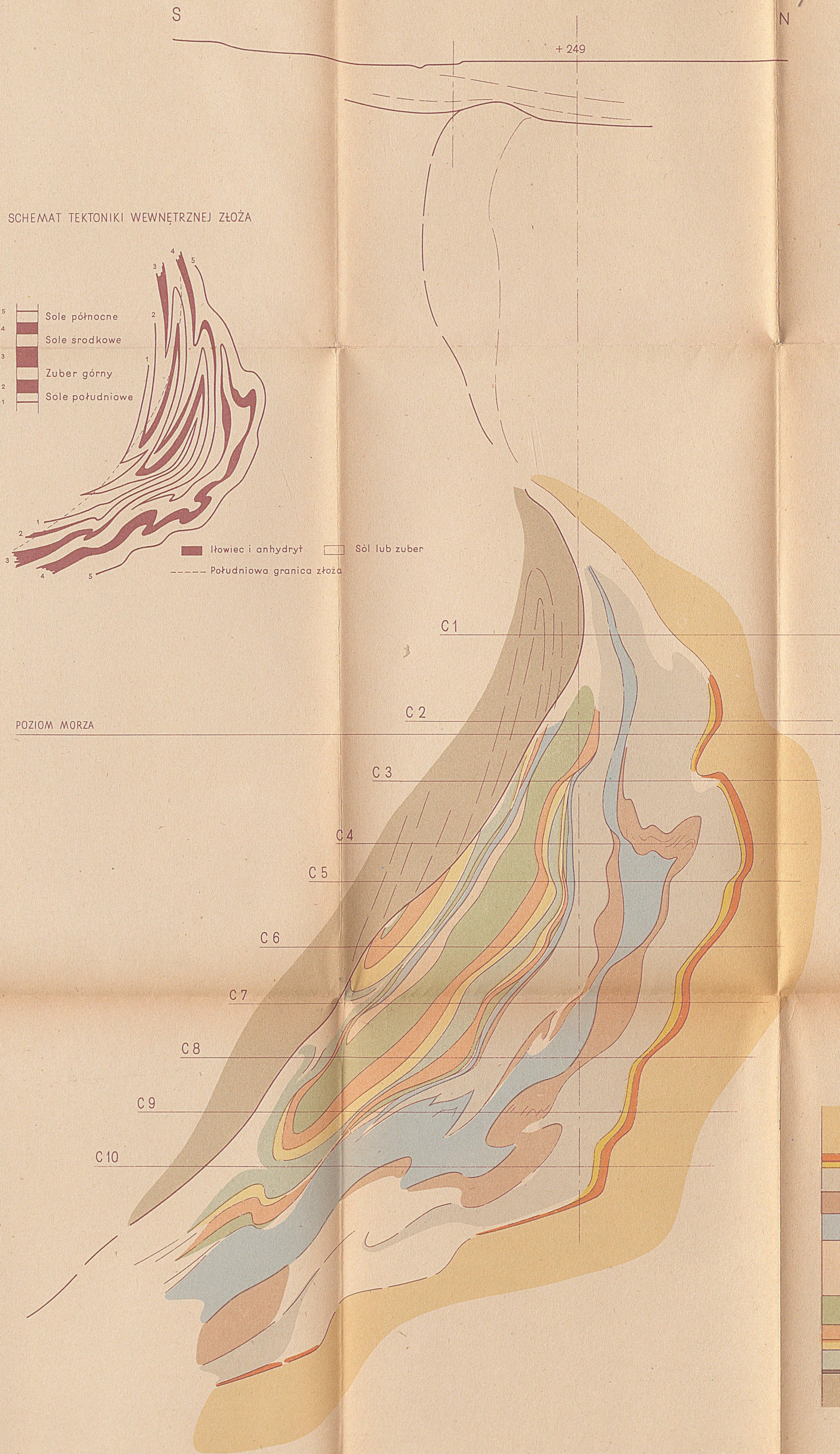
- Stropowy łówiec łupkowy  
tj. warstwy chodenickie
- Anhydryt stropowy
- Łówiec łupkowy
- Kompleks soli północnych
- Łówiec anhydrytowy
- Kompleks soli środkowych
- Łupek łowo-anhydrytowy z warstwami  
soli „kryształowej” w dolnej części
- Zuber górny, z pokruszonym pokładem  
soli „zielonej” i z gniazdami soli „kryształowej”
- Łówiec anhydrytowy
- Łówiec łupkowy
- Sole południowe i zuber dolny  
częściowo z porwakami łowca spągowego
- Anhydryt spągowy
- Utwory spągowe serii solnej, w ogólności



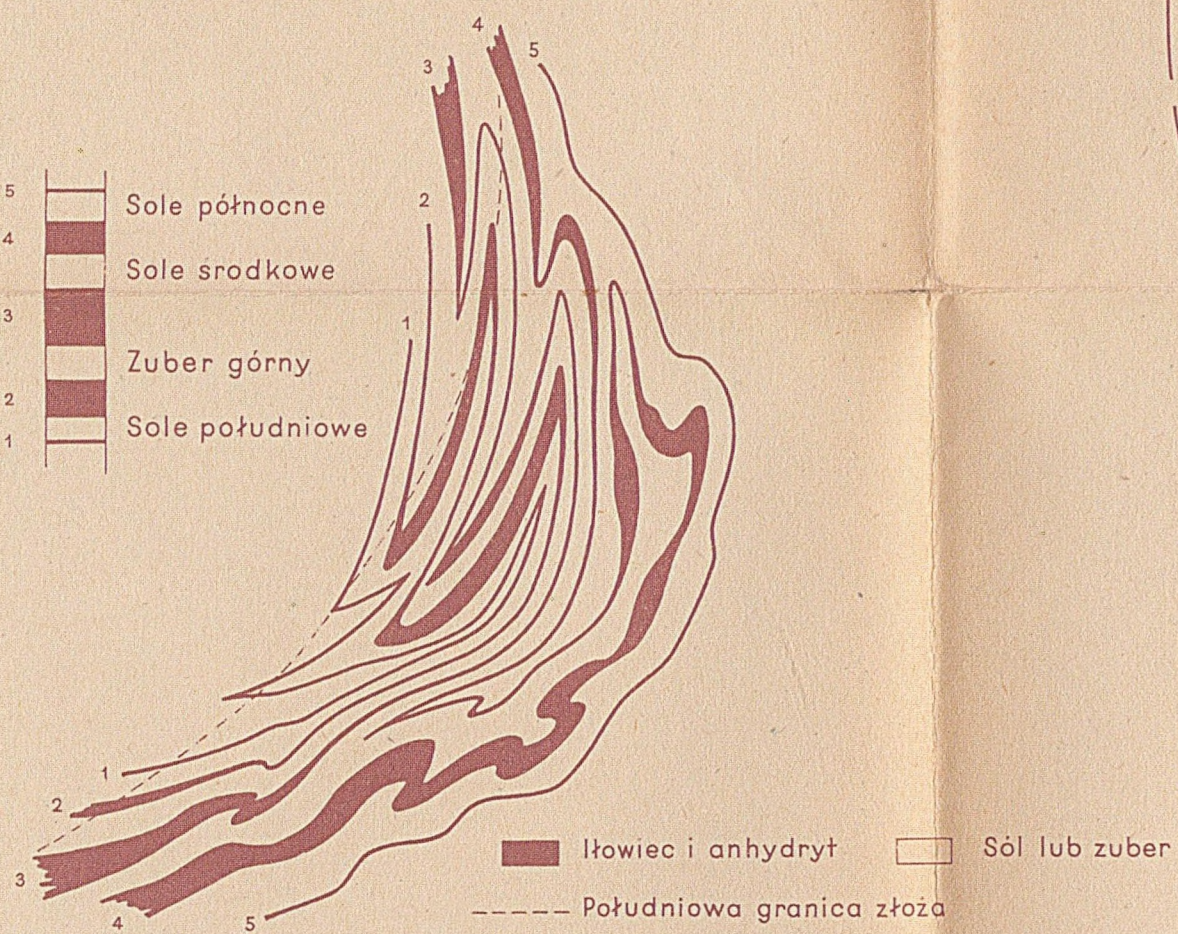
JÓZEF POBORSKI

# PRZEKRÓJ GEOLOGICZNY ZŁOŻA SOLNEGO W BOCHNI PRZEZ SZYB „CAMPI” W POŁUDNIKU +100

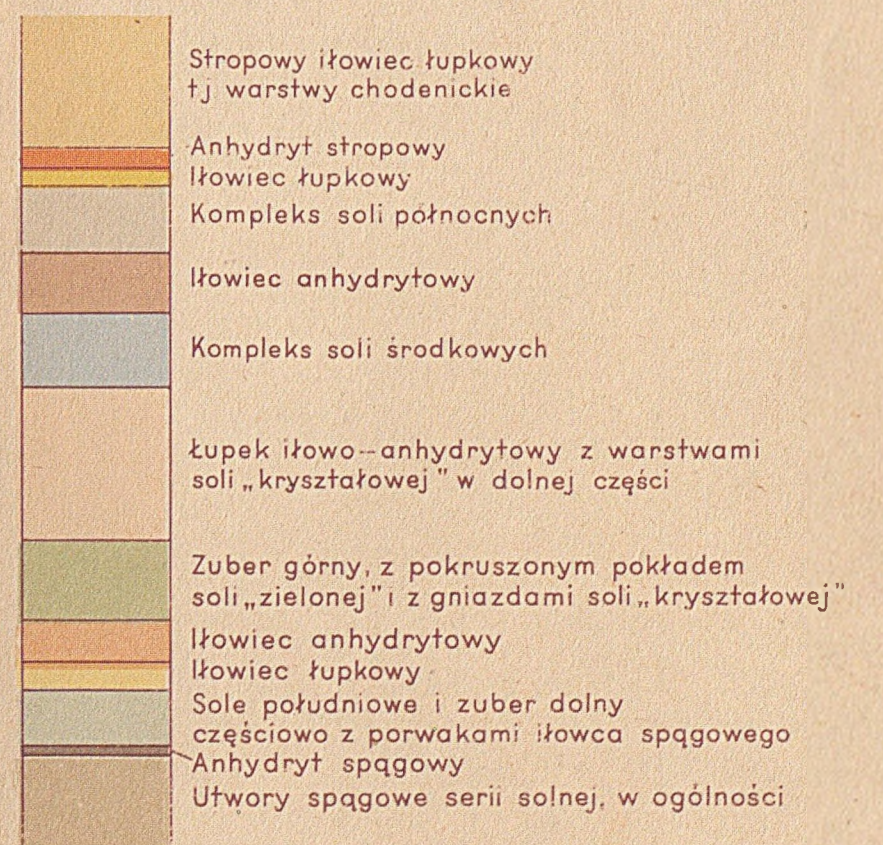
A — B



SCHEMAT TEKTONIKI WEWNĘTRZNEJ ZŁOŻA

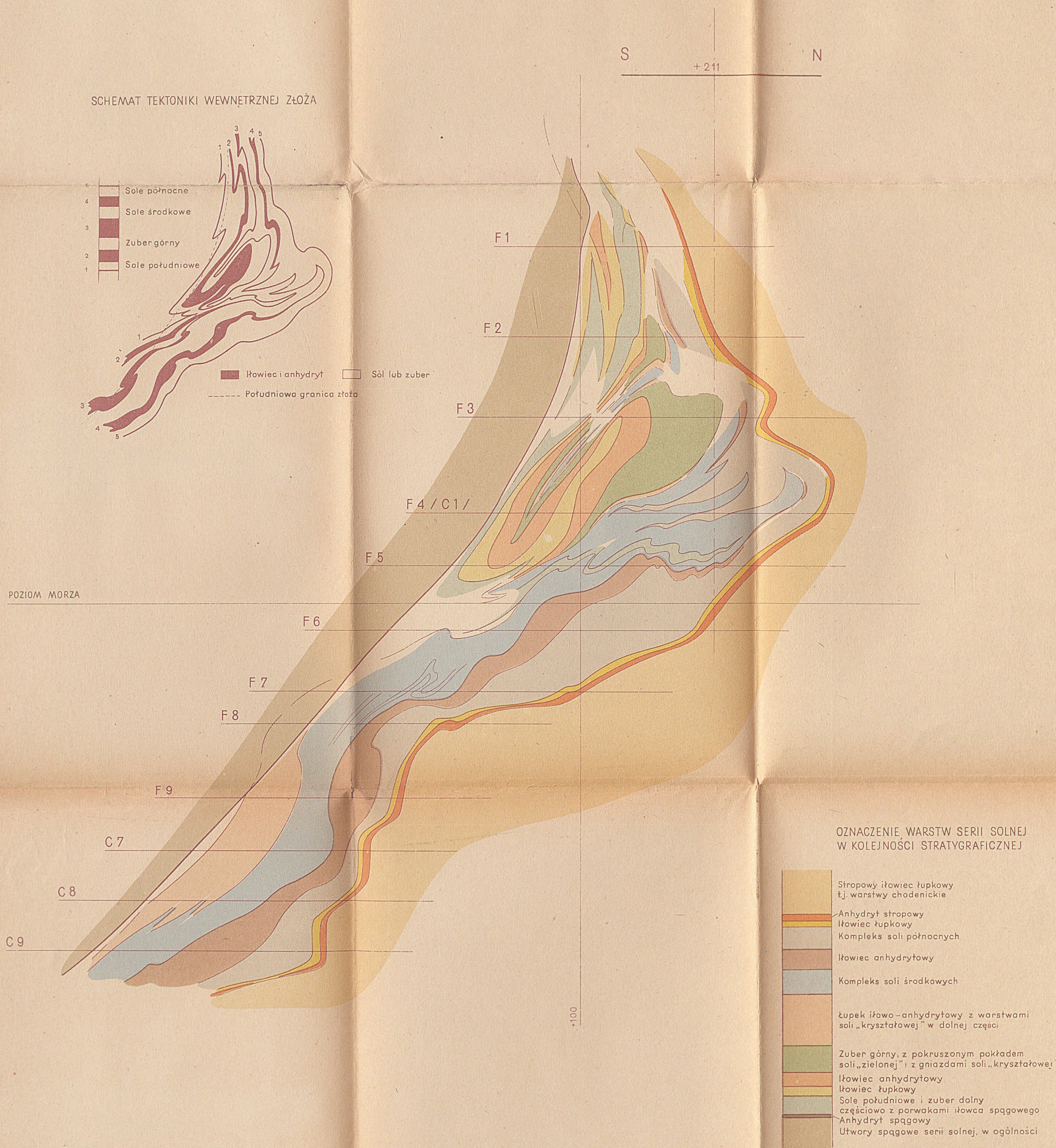


OZNACZENIE WARSTW SERII SOLNEJ  
W KOLEJNOŚCI STRATYGRAFICZNEJ



JÓZEF POBORSKI

# PRZEKRÓJ GEOLOGICZNY ZŁOŻA SOLNEGO W BOCHNI PRZEZ SZYB „SUTORIS” W POŁUDNIKU OKOŁO +1100



BIBLIOTEKA GŁÓWNA  
Politechniki Śląskiej

P

1214/52