

STANISŁAW KWIATKOWSKI

W SPRAWIE GENEZY WAPIENI OSIARKOWANYCH REJONU GRZYBOWA

(Tabl. XXXIV, XXXV i 4 fig.)

Quelques observations sur la genèse des calcaires sulfurifères de la région de Grzybów

(Pl. XXXIV, XXXV et 4 fig.)

Treść. Wapienie osiarkowane występują w serii gipsowej (torton dolny) pod nadkładem 180 m. ilów pektenowych i krakowieckich, spoczywającej na mułowcach baranowskich i wapieniach litotamniowych. W centrum badanego obszaru seria gipsowa jest wykształcona jako wapienie osiarkowane, na peryferiach jako gipsy, w obszarze przejściowym gipsy tworzą środek serii, a wapienie występują w górnych i dolnych częściach serii. Wapienie osiarkowane są jamiste, nie zawierają fauny, posiadają ciężar objętościowy zbliżony do ciężaru objętościowego gipsów. Na tej podstawie autor przypuszcza, że wapienie powstały z przekształcenia pierwotnych gipsów. W wapieniach osiarkowanych wyróżniono 4 odmiany litologiczne, ułożone strefowo od granicy z gipsami do centrum obszaru wapieni. Odmiany te odpowiadają kolejnym stadiom przemian. Autor przypuszcza, że główną przyczyną przemian gipsów w wapienie były wody docierające od spągu serii w najbardziej spękane partie gipsów. Charakter chemiczny wód występujących w wapieniach, właściwy dla wody morskiej, świadczy o braku dopływu wód z powierzchni. Podwyższona lokalnie temperatura wody (18 °C) tłumaczy się jako wynik współcześnie zachodzących reakcji egzotermicznych. Fakt ten dowodzi współczesności procesu przemian gipsów w wapienie osiarkowane.

WSTĘP

Niniejsza praca jest próbą podejęcia do zagadnienia genezy wapieni osiarkowanych od strony obserwacji geologicznych — to znaczy od charakteru litologicznego poszczególnych skał i ich ułożenia przestrzennego.

Dla niektórych zagadnień z zakresu genezy wapieni osiarkowanych wykonane obserwacje nie wniosły nowych danych, jak np. dla kwestii, czy redukcja gipsów następowała na drodze bakteryjnej, czy nieorganicznej, albo dla zagadnienia związku złóż siarki z nagromadzeniami bituminów w elewacjach serii gipsowej lub jej podłoża. Część uzasadnianych w niniejszej pracy poglądów jak np. teza o epigenetycznym pochodzeniu wapieni osiarkowanych jest już przyjęta dość powszechnie (np. Feely i Kulp 1957, Gurżij 1959, Pawłowski 1961), jednakże omówienie tych poglądów w aspekcie zagadnień rejonu Grzybowa było potrzebne dla zrozumienia całości rozumowania przedstawionego w tej pracy.

Obszar badany znajduje się w odległości 6,5 km na południowy zachód od Staszowa i zajmuje powierzchnię długości około 5 km i szerokości około 1,5 km. Obszar ten leży w obrębie niecki połanieckiej, w pobliżu jej północno-zachodniej granicy. Około 6 km na północ od Grzybowa przebiega równoleżnikowo uskoku Staszów — Kurozwęki — Szydłów. Na południe od tego uskoku rozciąga się obszar odsłoneń iłów krakowieckich, na północ odsłaniają się wapienie litotamniowe i piaszczyste utwory sarmatu.

W okresie od 1955 do 1958 r. na badanym obszarze Instytut Geologiczny odwiercił 8 otworów do spągu miocenu. W latach 1958—1959 Przedsiębiorstwo Geologiczno-inżynierskie z Krakowa odwierciło 16 otworów, a Instytut Geologiczny dalsze 4 otwory.

Niniejsza praca wykorzystuje materiały IG jedynie w zakresie uwzględnienia rzędnych stropów i spągów serii osadowych nawierconych w otworach Instytutu. Wszystkie pozostałe obserwacje pochodzą z otworów odwierconych przez PGi. Materiał przedstawiony poniżej opiera się na opisach makroskopowych ponad 3 500 m rdzeni wiertniczych, na licznych badaniach hydrogeologicznych i pomiarach termicznych w serii gipsowej oraz na analizach chemicznych wód z wapieni osiarkowanych i z wapieni litotamniowych, wykonanych w laboratorium Przedsiębiorstwa Geologiczno-inżynierskiego.

Profil geologiczny rejonu Grzybowa (z pominięciem czwartorzędu) jest przedstawiony w tabeli 1.

Tabela 1

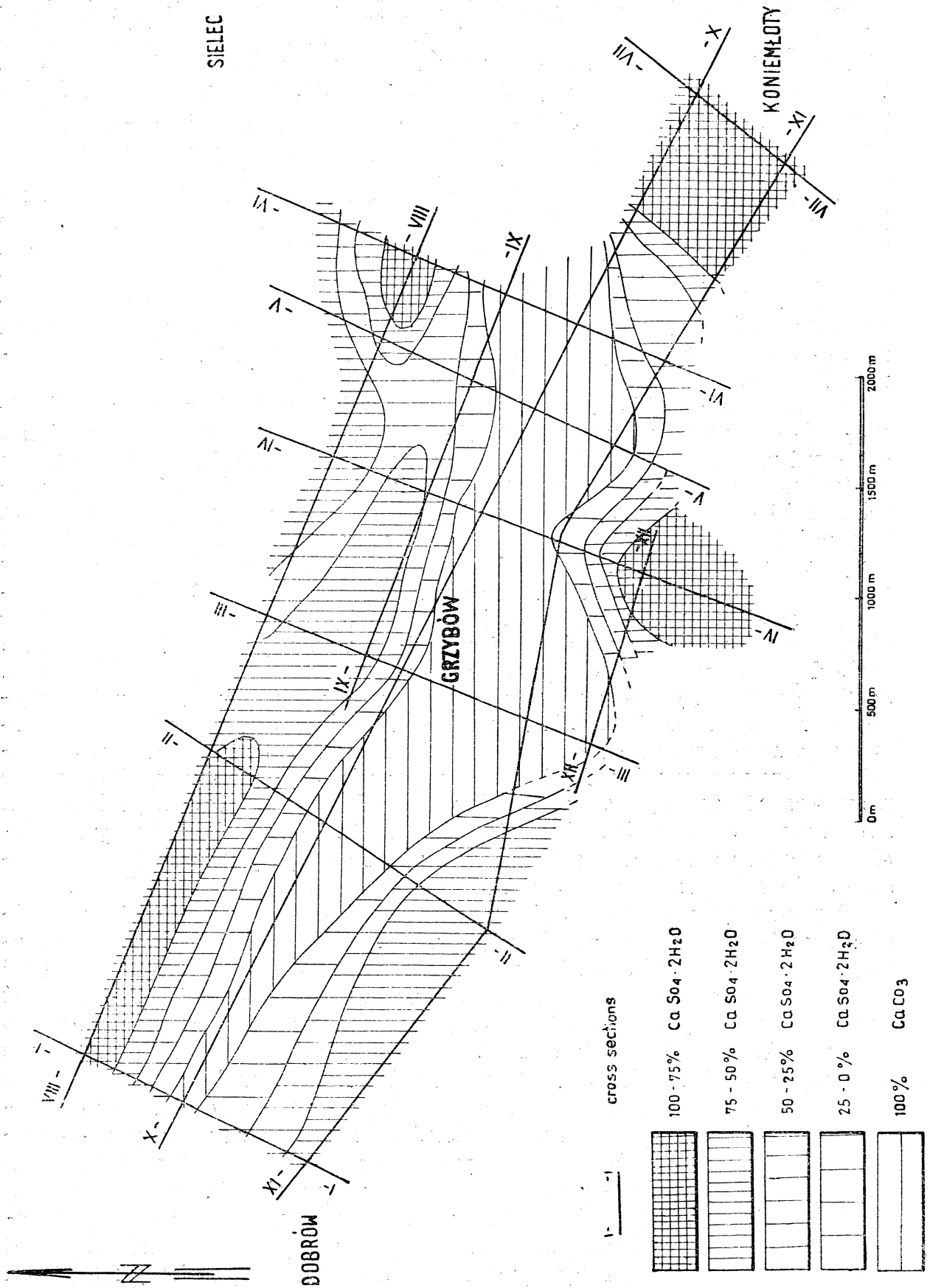
Okres	Piętro	Poziom	Charakter litologiczny	Przeciętna miąższość
trzeciorzęd (miocen)	sarmat	ily krakowieckie	ily margliste, szare, piaszczyste, z wkładkami piasków	140 m
	torton	ily pektenowe	ily margliste, zielone, z wkładkami wapieni, tufitów, bentonitów	40 m
		seria gipsowa	gipsy i wapienie osiarkowane	25 m
		warstwy baranowskie	mułowce i piaskowce wapniste	8 m
		wapienie litotamniowe	wapienie organogeniczne	10 m
trias		warstwy podlitotamniowe	mułowce szare	2 m
	kajper		ily zielone, czerwone i niebieskie, przeważnie bezwapienne	
	wapień muszlowy		wapienie margliste, niebieskawe	

Woda w powyższym profilu występuje jedynie w wapieniach litotamniowych i w wapieniach osiarkowanych serii gipsowej.

Wapień muszlowy prawdopodobnie leży bezpośrednio na łupkach i kwarcytach kambru. Powierzchnia wapienia muszlowego i kajpru jest nierówna (erozyjna) i zapada na południowy wschód pod kątem około 1° . To samo zapadanie zachowują osady mioceneskie. Serie mioceneskie dostosowują się do erozyjnej powierzchni triasu, powtarzając jej kulminacje i depresje, i niwelując stopniowo jej nierówności (fig. 2 i 3). Widoczne jest to zwłaszcza w poziomie wapieni litotamniowych, które wyraźnie wypełniają depresje powierzchni triasowej, cieniejąc lub zanikając na kulminacjach. Podobnie układają się warstwy baranowskie. Jedynie seria gipsowa wyłamuje się z tej reguły. Jest ona słabo sfałdowana w kierunku WNW — ESE, przy czym na ogół cienieje na osiach elewacji, a niekiedy i depresji, natomiast silnie grubieje na skrzydłach fałdów. Amplitudy fałdów dochodzą do 30 m, nachylenia wynoszą kilka stopni. Miąższość serii gipsowej waha się od 8,4 do 48,2 m, średnio wynosi 25,4 m.

Seria gipsowa składa się z dwóch zasadniczych elementów litologicznych — z gipsów i z wapieni osiarkowanych. Rozmieszczenie poziome gipsów i wapieni jest przedstawione na mapie (fig. 1). Wapień zajmują centralną część badanego obszaru, ciągnąc się pasem długości 4 km, szerokości 150—1000 m, w kierunku WNW-ESE. Ten obszar występowania wapieni jest otoczony strefą, w której występują zarówno wapień jak i gipsy, przy czym w miarę oddalania się od strefy wapieni ilość gipsów wzrasta kosztem wapieni. Poza tą strefą, na peryferiach badanego obszaru, gipsy stanowią całość serii. Rejon występowania wapieni jest więc otoczony od północy, wschodu i południa strefą gipsów. Natomiast na zachód pasmo wapieni kontynuuje się przypuszczalnie jeszcze kilka km. Jeśli przypuścimy, że wapień osiarkowany powstały przez epigenetyczne przetworzenie gipsów, to forma grzybowskiego pasma wapieni świadczyłaby, że główny kierunek rozprzestrzeniania się tych zmian jest subsekwentny w stosunku do fałdów w gipsach. Jest to o tyle ciekawe, że przy krasowym ługowaniu gipsów zdecydowanie przeważają kierunki subsekwentne (J. F l i s, 1954, str. 24, 37, 60). W złożu Czarkowy rozciągłość wapieni osiarkowanych również zdaje się być subsekwentna w stosunku do nachylenia warstw (R. K r a j e w s k i, 1935, tabl. XIV).

Porównując rozmieszczenie gipsów i wapieni ze zmianami w miąższości serii gipsowej stwierdzamy, że miąższości serii w rejonach przewagi gipsów są większe niż w rejonach przewagi wapieni. I tak na 10 otworów, w których zawartość gipsów wynosi ponad 65%, miąższość w 9 otworach wynosi od 29 do 48 m, a tylko w jednym 8,4 m (średnio 32,3 m). W 18 otworach o zawartości gipsów poniżej 65% miąższość serii wynosi od 16 do 28 m (średnio 21,6 m). Zakładając, że wapień osiarkowany powstały z gipsów, można by przypuścić, że różnice w miąższościach między gipsami i wapieniami są zjawiskiem wtórnym — wynikiem zmniejszenia objętości skały przy przemianie gipsów w wapień. Teoretycznie taki ubytek objętości mógłby wynosić ok. 17% pierwotnej objętości gipsów. Jednakże obliczając średnie z pomiarów ciężarów objętościowych wapieni (12 pomiarów) i gipsów (2 pomiary) serii gipsowej rejonu Grzybowa otrzymujemy dla gipsów ciężar objętościowy $2,3 \text{ g/cm}^3$, a dla wapieni $2,37 \text{ g/cm}^3$. Tak niski ciężar objętościowy wapieni wynika z ich jamistości oraz zawartości siarki. Przy podanej różnicy ciężarów



objętościowych ubytek objętości przy zmianie gipsów w wapienie wynosiłby zaledwie ok. 3% objętości początkowej.

Ze zbliżonego ciężaru objętościowego gipsów i wapieni serii gipsowej wynikają dwa wnioski. Po pierwsze to podobieństwo ciężarów objętościowych obu zastępujących się lateralnie skał przemawia za epigenetycznym przetworzeniem gipsów w wapienie. Hipoteza ta najlepiej tłumaczy również jamistość wapieni wynikającą z powstania wolnych przestrzeni przy przechodzeniu lżejszego gipsu w cięższy węglan wapnia. Przykładem analogicznego i pospolitego zjawiska są jamiste dolomity pochodzące z dolomityzacji wapieni. Jeśli uwzględnimy ponadto fakt całkowitego braku skamieniałości w wapieniach serii gipsowej, w przeciwieństwie do wszystkich pozostałych serii miocenu — hipoteza epigenetycznego powstania wapieni osiarkowanych staje się jednym logicznym i zgodnym z wszystkimi obserwowanymi faktami tłumaczeniem genezy tych wapieni.

Po drugie, skoro stwierdziliśmy, że mimo podobnych ciężarów objętościowych wapienie osiarkowane są mniej miększe niż gipsy, musimy przyjąć, że utworzyły się one w rejonach, w których seria gipsowa była stosunkowo cienka. A zatem sfałdowanie serii gipsowej, połączone ze zmiennością jej miąższości w postaci wycieniń i kopulastych nabrzmień, jest starsze niż utworzenie się wapieni.

Gipsy rejonu Grzybowa występują w dwóch odmianach — jako gipsy grubokrystaliczne barwy jasnoszarej lub miodowej oraz gipsy zbite, skryto- lub bardzo drobnokrystaliczne barwy ciemnoszarej. Obie odmiany występują niekiedy w naprzemianległych, poziomych warstwach (gipsy grubokrystaliczne w warstewkach parocentymetrowych, gipsy zbite w milimetrowych), co nadaje skale charakterystyczny wygląd pasmowy. Na ogół w wyższych częściach serii przeważają gipsy zbite, w niższych gipsy grubokrystaliczne. Analogiczne rozmieszczenie podobnych odmian gipsów obserwował R. K r a j e w s k i (1935, str. 4) w Czarkowych. W gipsach pospolite są cienkie wkładki ciemnych, marglistych ilów, a także wkładki zbitych wapieni o grubości do paru centymetrów. W wielu miejscach warstwy gipsowe wykazują drobne pofałdowania o amplitudzie kilku cm (tabl. XXXV, fig. 3). Stwierdzono również w wielu miejscach brekcje (tabl. XXXIV, fig. 3), w których fragmenty gipsów grubokrystalicznych tkwią w lepiszczu z gipsu zbitego lub marglu. Charakter tych brekcji, w których poszczególne fragmenty posiadają zarysy odpowiadające bokom sąsiednich fragmentów, dowodzi, że powstały one przez skruszenie i ponowne zespojenie osadu, bez przemieszczenia go z miejsca depozycji. Siarka występuje w gipsach w ilościach znikomych, zawsze w pobliżu granicy z wapieniami i z reguły w szczelinach (tabl. XXXV, fig. 3). Podobnie w Czarkowych występowanie siarki w gipsach wiąże się z bliskością wapieni osiarkowanych i ze szczelinami (R. K r a j e w s k i, 1935, str. 4). Związek siarki zawartej w gipsach ze szczelinami stwierdził również w Posądy A. B o l e w s k i (1935, str. 252).

Leżące na gipsach margle pektenowe w swojej części spągowej są

←
Fig. 1. Mapa rozmieszczenia gipsów i wapieni w serii gipsowej. 1:25 000. Na mapie pokazany jest obszar, w którym wapienie osiarkowane stanowią całość serii gipsowej, oraz stopniowe zmniejszanie się ilości wapieni na zewnątrz tego obszaru. Fig. 1. Carte de la répartition des gypses et des calcaires de la série gypseuse. 1:25 000. La carte montre l'espace où les calcaires sulfurifères forment le total de la série gypseuse et indique la diminution graduelle des calcaires en dehors de cet espace

silnie spękanie pionowo i ukośnie. Te spękania w warstwach pektenowych oraz brekcje i mikrostruktury fałdowe w gipsach powstały przypuszczalnie przy sfałdowaniu serii gipsowej. Należy więc przypuszczać, że sfałdowanie to odbyło się już po osadzeniu się warstw pektenowych. Ponieważ warstwy leżące ponad serią gipsową i pod nią, nie są sfałdowane, przyczyną sfałdowania gipsów był prawdopodobnie ciężar warstw nadległych. Być może, że sfałdowanie to miało miejsce w czasie zlodowacenia południowopolskiego, kiedy do obciążenia przez ły krakowieckie i pektenowe doszedł ciężar lądolodu.

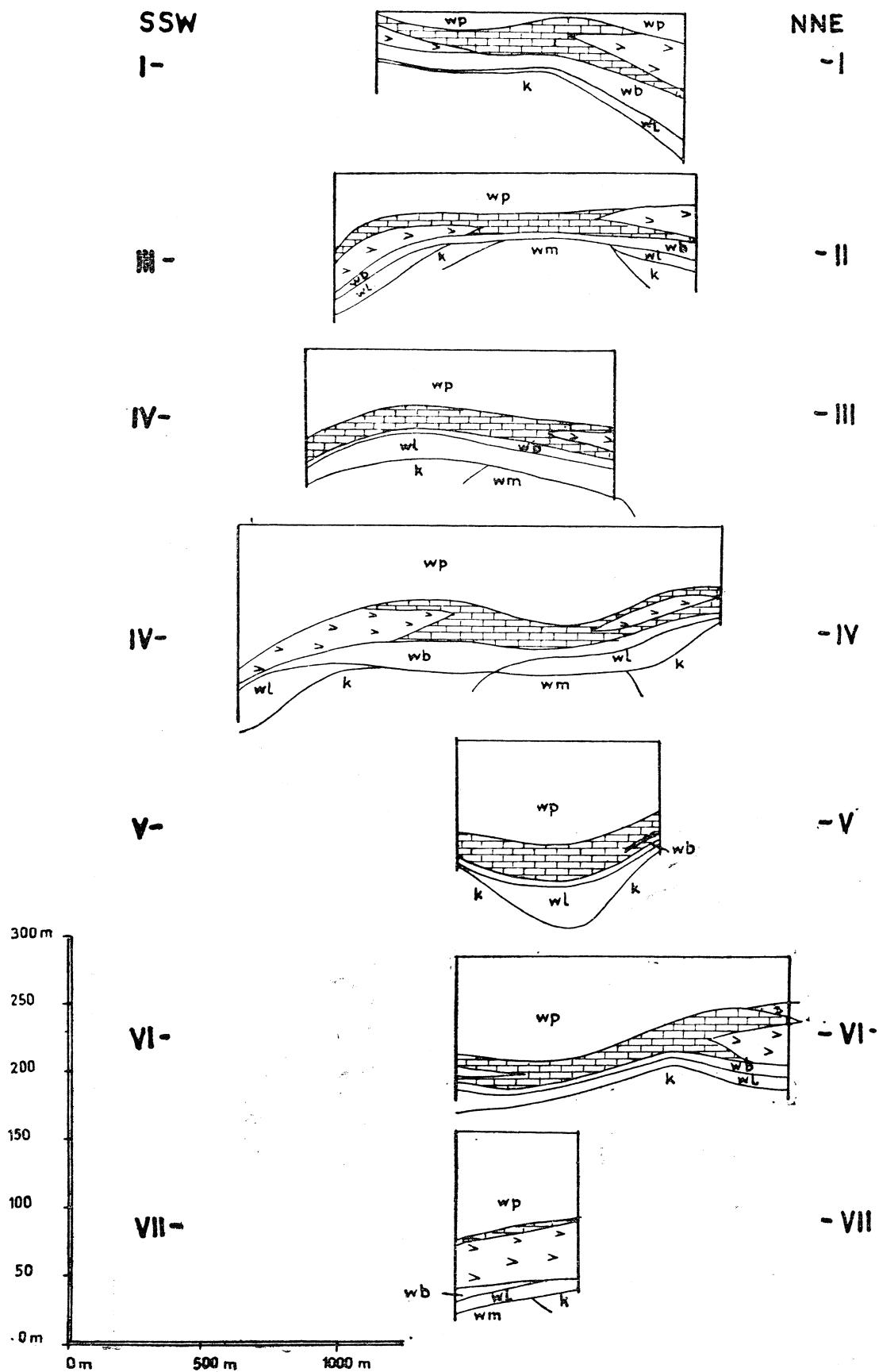
Rozmieszczenie gipsów i wapieni w pionie jest pokazane na przekrojach (fig. 2 i 3). Na 15 otworów, w których występują zarówno gipsy, jak wapień, w sześciu gipsy występują w środku, a wapień w górze i w dole serii. W pięciu otworach górną część tworzą wapień, a dolną gipsy; w trzech otworach na odwrót gipsy są u góry, wapień u dołu. Wreszcie w jednym otworze wapień występuje między gipsami, ale w pobliżu stropu serii.

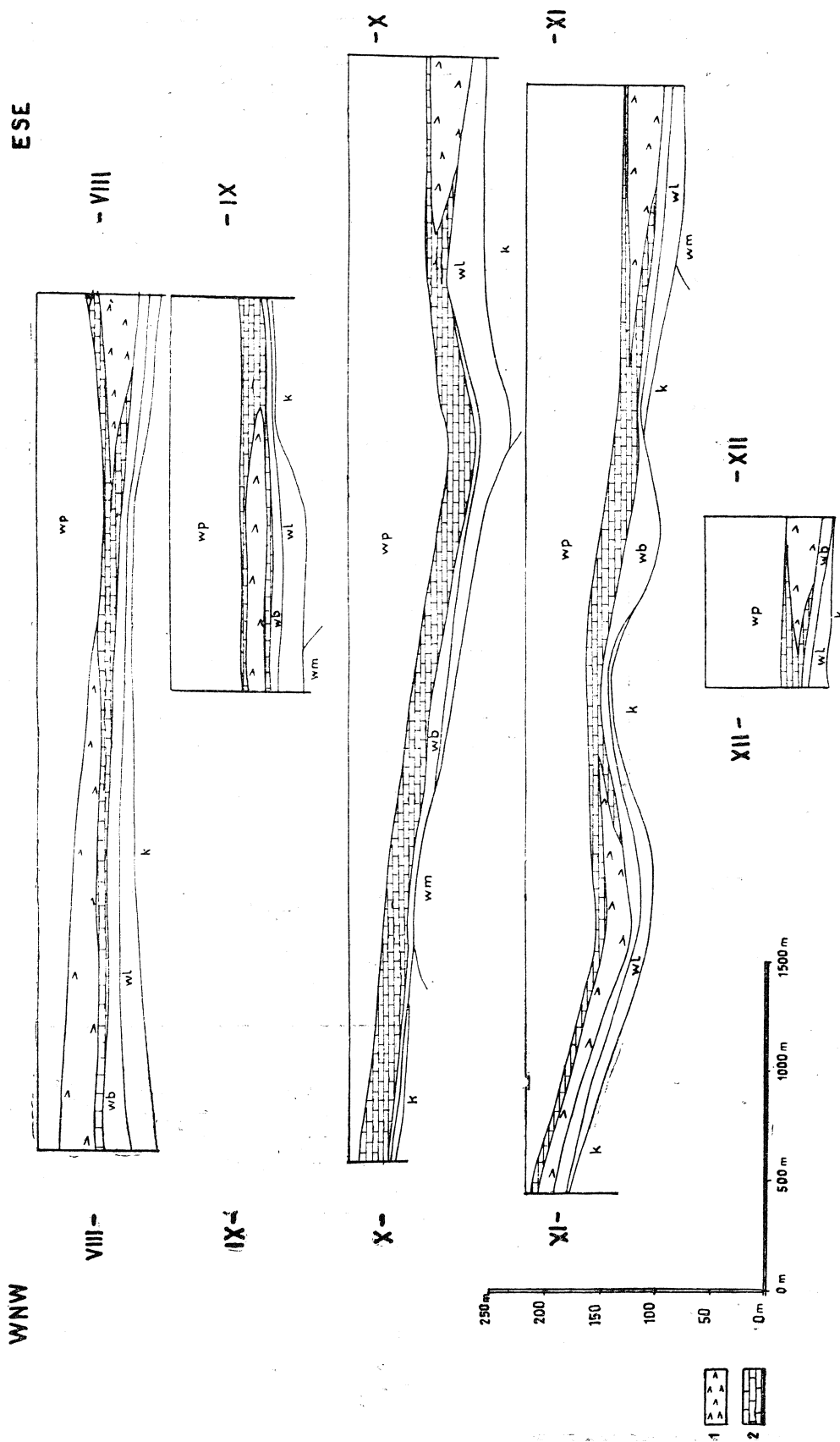
Wydaje się, że tego rodzaju układ nie zgadza się z możliwością przemiany gipsów bezpośrednio po ich osadzeniu, a przed sedymentacją serii pektenowej. W takim wypadku zmiany w gipsach powinny iść wyłącznie od ich powierzchni stropowej, natomiast układ wapieni i gipsów wskazuje na silniejsze rozprzestrzenienie się zmian wzdłuż powierzchni zarówno stropowej, jak i spągowej, a słabsze w środku serii.

Obecna forma występowania wapieni i gipsów staje się zrozumiała przy założeniu, że wszystkie przemiany chemiczne przy przechodzeniu gipsów w wapień mogły się odbywać jedynie w obecności wody. Jest to zgodne zarówno z teorią bakteryjnego (bakterie siarkowe działają w środowisku wodnym), jak nieorganicznego (reakcje zachodzące w roztworze wodnym) powstawania siarki. Dlatego też zasadnicze znaczenie posiada sprawa przepuszczalności i zawodnienia serii gipsowej. Wapień serii gipsowej są zawodnione w przeciwieństwie do bezwodnych gipsów. Przepuszczalność wapieni jest rzędu $k = 10^{-4}$ m/sek, przepuszczalność gipsów $k = 10^{-6}$, a niekiedy $k = 0$. Woda dociera więc obecnie do gipsów od strony wapieni, a w okresie początkowym, kiedy gipsy tworzyły całość serii, woda docierała do ich powierzchni stropowej i spągowej. Drogi dojścia tej wody zostaną omówione później. Przy takim założeniu jasne się staje większe rozprzestrzenienie wapieni w górze i w dole serii, tam

Fig. 2. Przekroje geologiczne poprzeczne. Na przekrojach pominięto warstwy krakowieckie i utwory czwartorzędowe jako nieistotne dla tematu pracy. W poziomach wapieni litotamniowych i mułowców baranowskich widoczne jest stopniowe wyrównywanie deniwelacji erozyjnej powierzchni triasowej. Seria gipsowa nie wykazuje tendencji niwelowania, lecz przeciwnie często zwiększa deniwelacje tworząc nabrzmienia i wycienienia (przekrój IV, VI i inne). W partiach najbardziej miąższych seria gipsowa jest wykształcona jako gipsy, w cieńszych jako wapień. Charakterystyczne jest większe rozprzestrzenienie wapieni w górze i w dole serii, mniejsze w jej partiach środkowych. Objaśnienia jak przy fig. 3

Fig. 2. Coupes géologiques transversales. Les couches de Krakowiec et la formation quaternaire, étant sans importance pour l'objet de l'ouvrage, n'ont pas été figurées dans les coupes. Dans les niveaux des calcaires à *Lithothamnium* et ceux des aleurites de Baranów on voit un aplanissement graduel des dénivellations de la surface triassique érosive. La série gypseuse ne montre pas de tendance au nivellement, elle renforce, au contraire, les dénivellations en formant des épanouissements et des amincissements (coupe IV, VI, et autres). Dans les parties les plus épaisses, la série gypseuse s'est formée comme gypses et dans les parties les plus minces — comme calcaires. Il est caractéristique que les calcaires ont plus d'éten due en haut et en bas de la série et moins, dans ses parties du milieu. Explications comme pour fig. 3





gdzie od zewnątrz dochodziły wody. Czysto wapienne wykształcenie serii w partiach wycienionych tłumaczy się szybszym postępem zmian, przy krótszych szczelinach, między stropem i spągami serii, a także silniejszym spękaniem w cieńszych, a więc słabszych partiach w osiach fałdów. Zarazem wyjaśnia się forma pasma wapieni, które jest wydłużone właśnie wzdłuż wycienionych i spękanych stref osiowych fałdów. Podobnie przy zjawiskach krasowych w niecce nidziańskiej J. Flis (l. c.) obserwował szybszy rozwój form krasowych przy mniejszych miąższościach gipsów.

Dodatkowe potwierdzenie i uzupełnienie powyższych wniosków znajdujemy w wykształceniu wapieni serii gipsowej. W wapieniach tych (miejscami zastąpionych przez ily margliste) stwierdzono dużą zmienność. Wyróżniono następujące cztery typy wykształcenia:

1) Wapienie silnie porowate, kremowe, kruche, bardzo delikatnej i słabej budowy, często rozsypujące się przy dotknięciu, z rozproszoną siarką pylastą (tabl. XXXV fig. 4)

2) Wapienie o budowie pseudobrekcji złożonej z fragmentów wapieni zbitych, twardych, ciemnoszarych lub brunatnych wśród miękkiego, marglistego, kremowego wapienia z siarką pylastą. Stosunek ilości wapieni zbitych do wapieni kremowych w tej odmianie jest zmienny. Siarka występuje w postaci pylastej, a w szczelinach w postaci krystalicznej. Wapienie pseudobrekcjowate są najbardziej rozpowszechnioną odmianą w wapieniach serii gipsowej (tabl. XXXIV, fig. 1; tabl. XXXV, fig. 1, 2, 4).

3) Wapienie zbite, twarde, silnie jamiste, szare lub brunatne. Jamki wielkości od 1 mm do kilku cm bywają puste albo też wypełnione bądź siarką pylastą, bądź siarką krystaliczną, bądź też kalcytem. Jamki z siarką krystaliczną z reguły nie są w całości wypełnione, natomiast jamki z siarką pylastą mają całe światło wypełnione. Często w środku jamki wypełnionej siarką pylastą występuje siarka krystaliczna (tablica XXXIV, fig. 2).

4) Wapienie zupełnie podobne do poprzednich, ale pozbawione siarki, albo też z siarką jedynie w śladach. Rozmieszczenie tych odmian wapieni daje dość skomplikowany obraz. W ujęciu najbardziej ogólnym można powiedzieć, że wapienie jamiste bez siarki (czwarta odmiana) występują wyłącznie w stropowej części serii. Wapienie jamiste z siarką (trzecia odmiana) występują zwykle w górnej i dolnej części serii, a niekiedy obejmują całość serii. Wapienie brekcjowate (druga odmiana) i wa-

Fig. 3. Przekroje geologiczne podłużne. Widoczne są tu zależności opisane przy przekrojach poprzecznych. W części północnej (przekrój VIII) wapienie występują w dole serii, w części południowej (przekrój XI) w górze serii. Zwraca uwagę brak związku występowania wapieni z kulminacjami serii gipsowej (przekroje VIII i XI). Te kulminacje — według teorii redukcyjnego działania bitumin na gipsy powinny być predestynowane do przemiany gipsów w wapienie. 1 — gipsy; 2 — wapienie serii gipsowej; wp — warstwy pektenowe; wb — warstwy baranowskie; wl — wapienie litotamniowe; k — kajper; wm — wapień muszlowy

Fig. 3. Coupes géologiques longitudinales. On voit ici des dépendances décrites déjà à propos des coupes transversales. Au nord (coupe VIII) les calcaires apparaissent en bas de la série et au sud, en haut de la série (coupe XI). Notons le manque de dépendance entre l'apparition des calcaires et les élévations de la série gypseuse (coupes VII et XI). Ces élévations, d'après la théorie de l'action réductrice des bitumes sur les gypses devraient être prédestinées à la transformation des gypses en calcaires. Explications des fig. 2 et 3: 1 — gypses; 2 — calcaires de la série gypseuse; wp — couches à *Pecten*; wb — couches de Baranów; wl — calcaires à *Lithothamnium*; k — Keuper; wm — Muschelkak

pienie kremowe (pierwsza odmiana) najczęściej występują w środku serii i z reguły otaczają wkłady gipsów.

Na podstawie powyżej podanych faktów odtwarzamy następujący przebieg zmian w serii gipsowej (fig. 4):

1. Osad gipsowy o powierzchni stropowej, w przybliżeniu poziomej, uległ deformacjom polegającym na słabym sfałdowaniu, połączonym ze wzrostem miąższości na skrzydłach i zmniejszeniem się miąższości w partiach osiowych fałdów. Jednocześnie silnym spękaniami uległy gipsy w partiach wycienionych oraz nadległe warstwy pektenowe.

2. Wody docierające od powierzchni stropowej i spągowej gipsów umożliwiły rozkład gipsów i wytwarzanie wapieni kremowych z siarką pylastą w partii spągowej i stropowej serii. Postęp zmian był największy w rejonie względnie małych miąższości, a zarazem najsilniej spękanym. Wskutek tego w tym właśnie rejonie następuje najwcześniej połączenie dwóch frontów zmian idących od stropu i spągu serii.

3. Przez migrację węglanu wapnia w wapieniach kremowych nastąpiła przemiana w wapienie pseudobrekcyjne zbudowane z fragmentów wapieni zbitych w masie wapieni kremowych i siarki.

4. Dalsza koncentracja węglanu wapnia doprowadziła do zupełnego zaniku wapieni kremowych, które przeszły w wapienie zbite. Drobne pory w wapieniach połączyły się w większe jamki. Siarka pylasta przekształciła się, tworząc szczotki siarki krystalicznej w jamkach. W wyniku tworzą się więc jamiste wapienie osiarkowane.

Z kolei wymaga wyjaśnienia kwestia sposobu dojścia do serii gipsowej wód, które umożliwiły wyżej opisane przemiany. Dla zrozumienia tej kwestii konieczne jest bliższe poznanie wód poziomu trzeciorzędowego. Obecnie wody zlokalizowane są w wapieniach serii gipsowej i w wapieniach litotamniowych. Poziom ten przykryty jest nieprzepuszczalnymi łałami pektenowymi i podścielony łałami kajpru. Wody wapieni serii gipsowej oddzielone są od wód wapieni litotamniowych mułowcami baranowskimi, które miejscami mogą być przepuszczalne. Wody poziomu trzeciorzędowego są wodami subartyzejskimi (ciśnienie 18 do 19 atm.).

Skład chemiczny wód z wapieni serii gipsowej ilustrują następujące analizy chemiczne z różnych otworów:

Tabela 2

	mg/l	mg/l	mg/l
SO ₄ ^{''}	1978,40	2001,94	2087,12
Cl [']	198,80	287,55	301,75
CO ₂	34,20	40,36	44,85
H ₂ S	82,90	86,84	103,62
Ca ^{..}	432,50	533,55	585,09
Mg ^{..}	34,25	39,33	37,14
Na [']	400,00	378,00	400,00
K [']	16,00	14,00	14,00

Duża ilość siarkowodoru i dwutlenku węgla, a także jonów siarczanowych i wapniowych jest zrozumiała ze względu na środowisko skalne. Natomiast ciekawe wnioski można wysnuć ze stosunku jonów Mg^{..} : Na : Cl['] oraz K['] : Na[']. Stosunek wagowy jonów Mg['] : Na['] : Cl['] w wodzie morskiej wynosi 1 : 8,2 : 14,8, a w wodzie słodkiej 1 : 1,7 : 1,66 (S m u-

likowski, 1952, str. 6). Taki sam stosunek dla wody z różnych otworów w Grzybowie wynosi:

$$\begin{aligned} 1 : 9,6 : 7,3 \\ 1 : 10,7 : 7,3 \\ 1 : 11,6 : 5,8 \end{aligned}$$

Proporcje jonów w wodach trzeciorzędowych są więc bardziej zbliżone do proporcji istniejących w wodzie morskiej. Jeszcze ciekawszego porównania dostarcza stosunek jonów $K^+ : Na^+$, który

dla wody morskiej wynosi	1 : 27,8
dla wód lądowych	1 : 2,73
dla wód poziomu trzeciorzędowego w Grzybowie	1 : 27,0
	1 : 28,5
	1 : 25,0

Na podstawie tych danych można sądzić, że wody poziomu trzeciorzędowego są reliktowymi wodami morskimi. Przypuszczalnie obecne wody poziomu trzeciorzędowego nie są i nie były zasilane wodami poziomu czwartorzędowego, gdyż w tym wypadku stosunek jonów musiałby zmienić się w kierunku upodobnienia do wód słodkich.

Przy omawianiu formy występowania gipsów i poszczególnych odmian wapieni serii gipsowej stwierdziliśmy, że forma ta wskazuje na rozprzestrzenienie się przemian od powierzchni stropowej i spągowej serii. Droga dojścia wód do powierzchni spągowej serii może być łatwo ustalona. Mułowce baranowskie w niektórych rejonach są mało mięsne i nie posiadają wkładek ilastych. W tych rejonach wody z wapieni litotamniowych mogły przedrzeć się przez mułowce baranowskie i wejść w kontakt z gipsami. Trudniej jest wytłumaczyć kwestię działania wód od stropu serii. Woda nie mogła przyjść z bezwodnych ilów pektenowych ani tym bardziej z wkładek piaszczystych w ilach krakowieckich, oddzielonych od serii gipsowej mięszszą serią ilastą. W układzie poszczególnych odmian wapieni serii gipsowej odmiana wapieni jamistych pozbawionych siarki występuje wyłącznie w samym stropie serii. Wapienie te, w odróżnieniu od wszystkich pozostałych odmian układających się mniej lub więcej koncentrycznie wokół gipsów, nie stosują się do tej reguły, lecz leżą w sposób przekraczający na wszystkich pozostałych odmianach wapieni i na gipsach. Brak siarki w tych wapieniach można tłumaczyć tym, że została ona usunięta przez utlenienie. Nasuwa to przypuszczenie, że warunki powstawania tych wapieni były zupełnie inne niż pozostałych wapieni serii gipsowej. Biorąc pod uwagę położenie tych wapieni wyłącznie w stropie, i to w sposób przekraczający w stosunku do innych wapieni oraz brak siarki — przyjmujemy, że najprawdopodobniej wapienie te powstały po osadzeniu się serii gipsowej, a przed osadzeniem się serii pektenowej na drodze przemian gipsów w wapienie na dnie zbiornika. Przypuszczenie to potwierdza brak związku wapieni jamistych, nie osiarkowanych z rejonami wycieńnień w gipsach, gdyż występują one zarówno w rejonach małej, jak i dużej miąższości serii gipsowej. Przy podmorskim rozkładzie gipsów siarka mogła być utleniona i usuwana. Po zasypaniu serii gipsowej przez ropy pektenowe proces odprowadzania siarki ustał, natomiast woda morska zatrzymana w wapieniach jamistych mogła stworzyć warunki do przemian gipsów w osiarkowane wapienie od strony powierzchni stropowej serii. Po przedarciu się wód z wapieni litotamniowych przez serię gipsową do wapieni jamistych proces zmian stropowych musiał się wydatnie wzmóc. Podobne jamiste, nie

osiarkowane wapienie występują w stropie serii osiarkowanych w złożach amerykańskich.

Pozostaje nie rozwiązany problem, czemu tylko w rejonach złóż siarki w stropie serii gipsowej powstawały takie bezsiarkowe wapienie, pod-

Fig. 4. Schemat procesu przemian w serii gipsowej. Na sześciu rysunkach przedstawione są kolejne stadia przemian. Warstwy znaczone szrafowaniem reprezentują skały zawodnione, warstwy nie zakreskowane — skały bezwodne. 1 — spękania i szczeliny; 2 — pierwsze stadium — wapienie kremowe; 3 — drugie stadium — wapienie pseudobrekcyjne; 4 — trzecie stadium — wapienie jamiste osiarkowane; 5 — wapienie jamiste bez siarki; wp — warstwy pektenowe; g — gipsy; wb — warstwy baranowskie; wl — wapienie litotamniowe; t — trias

- 1) Rysunek przedstawia stan serii gipsowej po osadzeniu nadległych warstw pektenowych. Górna część gipsów jest zmieniona w wapienie jamiste, bez siarki, ale proces ten został zahamowany przez osadzenie się nieprzepuszczalnych warstw pektenowych. W wapieniach litotamniowych i jamistych pozostała woda morska
- 2) Seria gipsowa została sfałdowana, przy czym zarówno warstwy pektenowe jak gipsy zostały spękanе oraz utworzyły się kopuły i wycienienia w serii gipsowej
- 3) W najcieńszych partiach serii gipsowej pod wpływem wody morskiej działającej w najkrótszych szczelinach pionowych, zaczynają się tworzyć wapienie odmiany kremowej
- 4) Następuje połączenie ciśnieniowych wód z wapieni litotamniowych z wodami wapieni jamistych. Od tej chwili tempo przemian wzrasta. Wapienie typu kremowych przechodzą w typ wapieni pseudobrekcyjnych, a te z kolei w typ wapieni jamistych, osiarkowanych

5) Proces opisany posuwa się nadal z tym, że zmiany w górze i w dole serii są najszybsze (ze względu na ułatwioną drogę dojścia wody do gipsów przez wapienie jamiste oraz najkrótszą drogę dojścia wód z wapieni litotamniowych do spągowych partii serii gipsowej;

6) obraz zbliżony do współczesnego stanu złoża. Sądząc z nieznacznej szerokości strefy wapieni kremowych w porównaniu z seriami wapieni pseudobrekcyjnych i jamistych przyjmujemy, że proces przemiany wapieni kremowych w pseudobrekcyjne przebiega szybciej niż przemiana wapieni pseudobrekcyjnych w jamiste

Fig. 4. Le schéma des transformations dans la série gypseuse de la région Grzybów. Six figures représentent les étapes successives des transformations. Les couches marquées de hachures présentent les roches contenant de l'eau, les couches non marquées de hachures désignent les roches sans eau. 1 — fissures et crévasses; 2 — première étape — calcaires couleur crème; 3 — deuxième étape — calcaires pseudobréchoïdes; 4 — troisième étape — calcaires vacuolaires, sulfurifères; 5 — calcaires vacuolaires sans soufre; wp — couches à *Pecten*; g — gypses; wb — couches de Baranów; wl — calcaires à *Lithothamnium*; t — trias

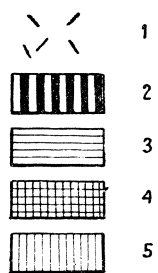
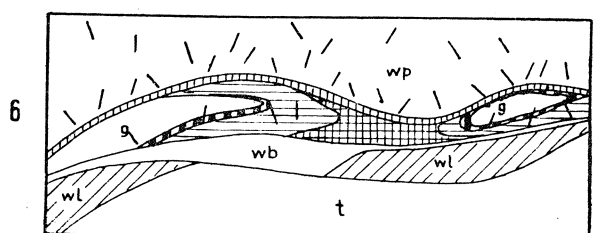
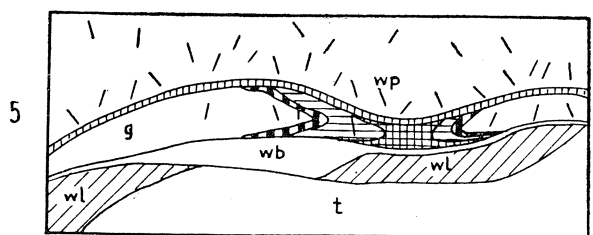
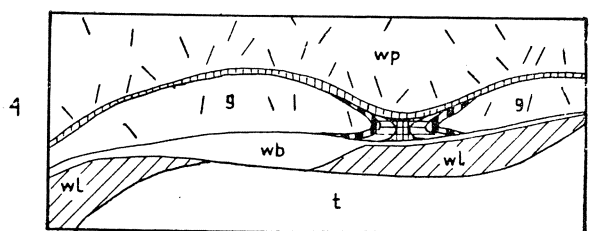
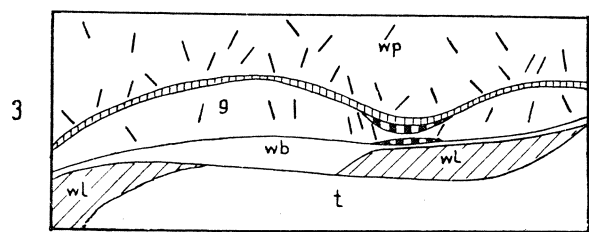
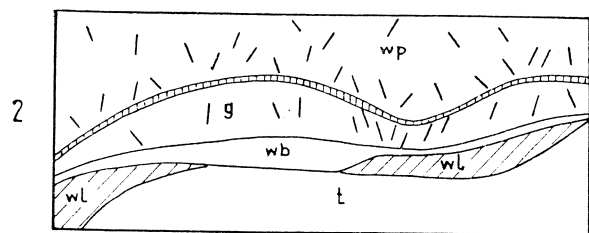
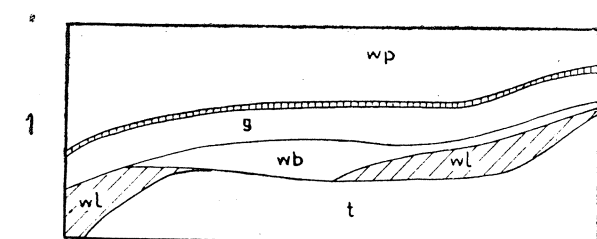
- 1) Série gypseuse après le dépôt des couches à *Pecten*, superposées. La partie supérieure des gypses est transformée en calcaires vacuolaires sans soufre, mais ce processus est arrêté par le dépôt d'imperméables couches à *Pecten*. Dans les calcaires vacuolaires et les calcaires à *Lithothamnium* l'eau de mer a été enfermée
- 2) La série gypseuse a été plissée et par suite les couches à *Pecten* ainsi que les gypses se sont crevassées et ont formé des épaississements et des amincissements dans la série gypseuse

3) Dans les parties les plus minces de la série gypseuse, sous l'influence de l'eau marine agissant dans les plus courtes fissures verticales commencent à se développer les calcaires couleur crème

4) Réunion des eaux de pression provenant des calcaires à *Lithothamnium* avec celles des calcaires vacuolaires. Dès alors le tempo des transformations devient plus vif. Les calcaires couleur crème se transforment en calcaires pseudobréchoïdes et ces derniers, à leur tour, deviennent des calcaires vacuolaires, sulfurifères

5) Le processus continue. Les changements en haut et en bas de la série sont les plus rapides (puisque en haut l'eau arrive aux gypses le plus facilement par les calcaires vacuolaires et en bas, par voie la plus courte, des calcaires à *Lithothamnium*)

6) Schéma qui montre approximativement l'état actuel de la série gypseuse. À en juger d'après la largeur de la zone des calcaires couleur crème, insignifiante par rapport aux séries des calcaires pseudobréchoïdes et vacuolaires, nous admettons que le processus de transformation des calcaires couleur crème en calcaires pseudobréchoïdes parcourt plus rapidement que celui des calcaires pseudobréchoïdes en calcaires vacuolaires



czas gdy w innych rejonach strop gipsów nie jest zmieniony. To zagadnienie nie mogło być rozwiązane w Grzybowie, gdzie wapienie bezsiarkowe występują wszędzie w stropie serii gipsowej zarówno nad wapieniami osiarkowanymi, jak i nad gipsami. Rozwiązanie przynieść mogą tylko dalsze badania stropu serii gipsowej na dużych obszarach.

Pozostaje jeszcze kwestia wieku zmian zachodzących w gipsach. Istnienie współcześnie wszystkich opisanych faz od wapieni jamistych do kremowych, kruchych wapieni z siarką pylastą i do siarki w szczelinach gipsów przy ich granicy z wapieniami sugeruje, że proces przemian trwa do chwili obecnej. W związku z tym na uwagę zasługuje fakt następujący:

W jednym z peryferycznych otworów, po przewierceniu bezwodnych gipsów, w wapieniach litotamniowych na głębokości 229 m nawiercono wody ciśnieniowe, które dały samowypływ. Temperatura tej wody wynosiła 18 °C. Obliczono temperaturę wynikającą ze stopnia geotermicznego według wzoru

$$T_h = t_o + \frac{H - h}{g}$$

gdzie g — wielkość stopnia geotermicznego.

h — głębokość warstw o temperaturze stałej = ok. 20 m,

t_o — średnia temperatura roczna = 7,6 °C,

T_h — temperatura na głębokości $H = 229$ m,

Według S. Z. R ó ż y c k i e g o (1948) stopień geotermiczny dla zapadliska przedkarpackiego i dla starych masywów hercyńskich wynosi 30—40 m. Przyjmując wartość 30 m otrzymujemy $T_h = 14,6$ °C. Przyjmując wartość 40 m otrzymujemy $T_h = 12,8$ °C. A zatem wody nawiercone posiadają temperaturę o 3,4—5,2 °C wyższą, niż to wynika ze stopnia geotermicznego. Ta różnica może mieć dwojakie przyczyny: albo ciepłe wody dopływają z warstw głębszych o co najmniej 100—200 m, albo też wzrost temperatury pochodzi z reakcji egzotermicznych współcześnie zachodzących w wodach poziomu trzeciorzędowego. Dopływ wody z niżej leżącego triasu i kambriu wydaje się nieprawdopodobny. Wapien muszlowy jest ubogi w wodę i leży zbyt płytko, utwory kambryjskie są w zasadzie bezwodne. Pozostaje możliwość dopływu wód ciepłych z południowego wschodu, z głęboko leżących w niecce połanieckiej osadów miocénskich. Dla tej możliwości należałoby jednak przyjąć drogę przepływu rzędu 20 km w poziomie, przy czym musiałyby zajść znaczne straty ciepłne.

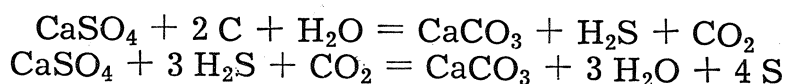
Za koncepcją chemicznych przyczyn podniesienia temperatury przemawiają następujące fakty:

1. Wysoka zawartość siarkowodoru w wodach ciepłych (180 mg/l), mimo że nawiercono je w wapieniach litotamniowych.

2. Dalsze pomiary temperatury poziomu trzeciorzędowego w otworach stwierdziły podniesioną temperaturę tylko w jednym jeszcze otworze, również na peryferii obszaru wapieni osiarkowanych. Wody w samych wapieniach osiarkowanych mają temperaturę zbliżoną do wyliczonej ze stopnia geotermicznego (ok. 14 °C).

3. Stwierdzenie nieco wyższej temperatury, niż to wynika ze stopnia geotermicznego, także w wodach z wapieni osiarkowanych w Solcu (informacja ustna mgr L. D e r l a t k i), mimo że te wapienie leżą znacznie płycej i ich wody prawdopodobnie kontaktują się z wodami czwartorzędowymi.

4. Redukcja siarczanu wapnia i utlenianie siarkowodoru dadzą się wyrazić w następujących równaniach



Przeliczając te reakcje według entalpii związków reagujących otrzymujemy w wyniku wydzielenie się ciepła w ilości 2,174 kcal na każdą gramodrobinę gipsu przetworzonego w wapień.

Powyższe fakty możemy tłumaczyć przyjmując współczesne tworzenie się wapieni osiarkowanych z gipsów.

Pozostaje do rozpatrzenia sprawa, w jakich warunkach zachodzą przemiany gipsów w wapień. W gipsach i anhydrytach zapadliska przedkarpackiego wyróżnić można 3 strefy: strefę krasu, strefę powstawania wapieni i bezwodną strefę gipsów niezmienionych. W pracach poświęconych krasowi gipsowemu nie znalazłem omówienia kwestii zasięgu krasu. Niewątpliwie najsilniej rozwija się on w rejonach płytszych, jakkolwiek na powierzchni przewagę mają procesy erozyjne. Istotną cechą wspólną dla obszaru krasowego jest możliwość odpływu wód nasyconych siarczanem wapnia i dopływu wód świeżych. Strefa powstawania wapieni odznacza się krążeniem wód w skałach bez odpływu. Wody tej strefy mogą ługować gipsy dzięki usuwaniu siarczanu wapnia z roztworu na skutek jego reakcji z CO_2 i H_2S . Powiązanie obszarów występowania wapieni osiarkowanych z szczelinami w gipsach z jednej strony i z szlakami dojścia wody do gipsów z drugiej strony dowodzi ścisłego związku strefy powstawania wapieni z obecnością wody. Trzecia strefa gipsów nie zmienionych odznacza się zupełną bezwodnością. Strefa ta znajduje się w stanie ciągłej regresji na korzyść dwóch stref poprzednio wymienionych.

Pracownia Geologiczno-Stratygraficzna PAN w Krakowie

WYKAZ LITERATURY

BIBLIOGRAPHIE

- Bolewski A. (1935), O złożu siarki w Posądy. *Spraw. P.I.G.* T. 8, zesz. 3, pp. 205—301, Warszawa.
- Czerwiński J. (1960), Struktury mikroorganiczne siarki rodzimej w tortonie. *Kwart. geol.* T. 4, zesz. 2, pp. 531—536, Warszawa.
- Feely M.W., Kulp J.L. (1957), Origin of Gulf Coast Salt-Dome Sulphur Deposits. *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.* Vol. 41, No 8, VIII 1957.
- Gurżij D.W. (1959), Sowieszczanie po woprosu izuczenija miestorożdienij samorodnoj siery. *Gieolog. żurn.* 19, No 4 pp. 112—113.
- Flis J. (1954), Kras gipsowy niecki nidziańskiej. *Pol. Ak. Nauk. Pr. geogr.* nr 1, Warszawa.
- Krajewski R. (1935), Złoże siarki w Czarkowach. *Spraw. P. I. G.* T. 8, zesz. 1, pp. 27—66, Warszawa.
- Pawłowski S. (1961), O polskiej siarce i jej znaczeniu. *Prz. geol.* nr 1 (94), Warszawa.
- Różycki S.Z. (1948), Uwagi o rozmieszczeniu stopnia geotermicznego w Polsce i krajach sąsiednich. *Spraw. T. N.*
- Smulikowski K. (1952), Geochemia. *Pr. spec. Inst. Geol.* T. 1, Warszawa.

RÉSUMÉ

Abstract. Les calcaires sulfurifères apparaissent dans la série gypseuse (Tortonien inférieur) avec, au-dessus, 180 m d'argiles à *Pecten* et de Krakowiec. Cette série repose sur les aleurites de Baranów et les calcaires à Lithothamnium. Au centre de l'espace examiné, la série gypseuse est formée en entier de calcaires sulfurifères. La zone de ces calcaires est entourée par une autre zone où les calcaires apparaissent en haut et en bas de la série, et les gypses, au milieu. Au dehors de ces zones, toute la série gypseuse consiste en gypses. Les calcaires sulfurifères sont vacuolaires, ne contiennent pas de faune et leur densité se rapproche de celle des gypses. En vertu de ces données, l'auteur suppose que les calcaires sulfurifères se sont formés par la transformation des gypses primitifs. Dans les calcaires sulfurifères on a distingué quatre genres lithologiques gisant par zones qui commencent à la limite des gypses et se suivent jusqu'au centre qu'occupent les calcaires. Ces genres particuliers correspondent aux étapes successives de la transformation. L'auteur suppose que dans la transformation des gypses en calcaires, c'est l'eau qui joue le rôle principal, pénétrant, d'en bas de la série, dans les parties les plus crévassées des gypses. La constitution chimique de l'eau qui apparaît dans les calcaires, distinctive pour l'eau marine, témoigne du fait que l'eau ne peut pas pénétrer ici de la surface de la terre. L'auteur explique la température localement élevée de l'eau (18 °C) par l'effet de réactions exothermiques actuelles. Ce fait prouve l'actualité des transformations des gypses en calcaires sulfurifères.

Les observations dont parle cet ouvrage ont été faites dans la région de Grzybów près de Staszów sur du matériel qu'ont fourni de nombreux sondages. Le tableau 1 présente la stratigraphie de cette région.

Le Muschelkalk repose probablement directement sur les schistes et les quartzites du Cambrien. Dans les roches représentées dans la coupe ci-dessus, l'eau n'apparaît que dans les calcaires à Lithothamnium et les calcaires sulfurifères.

L'ouvrage présent s'occupe de la série des gypses.

La série gypseuse, épaisse de 8 à 48 m (épaisseur moyenne — 25 m), s'incline vers SE à l'angle approximatif de 1°. Indépendamment de cette direction la série gypseuse est plissée transversalement. Les amplitudes des plis s'élèvent à 30 m et les inclinaisons sont de quelques degrés. Les gypses ont des plissements, contrairement aux couches antérieures qui n'en ont pas.

Les fissures dans les couches à *Pecten* superposées ainsi que les brèches et les plissements des gypses, indiquent une formation post-sédimentaire des plis, probablement due aux déformations plastiques dans les gypses, produites par le poids des couches superposées (peut-être était-ce pendant la glaciation maximale de la Pologne).

La série gypseuse se compose de deux éléments lithologiques essentiels, les calcaires et les gypses. L'espace où la série n'est formée que de calcaires sulfurifères constitue une bande étroite (en moyenne 600 m de largeur), mais longue (4 km), entourée d'une zone avec des gypses aussi bien que des calcaires. En dehors de cette zone, toute la série gypseuse est formée de gypses. Dans la zone de transition, les calcaires apparaissent en haut et en bas, et les gypses, au milieu de la série. La densité des gypses est de 2,3 g/cm³ et celle des calcaires, de 2,37 g/cm³.

La densité si peu élevée des calcaires résulte du fait qu'ils sont vacuolaires et sulfurifères.

Etant donné que les calcaires sulfurifères, dans les roches miocènes, sont les seuls, les gypses exceptés, qui ne contiennent pas de fossiles; qu'ils sont vacuolaires — trait distinctif des roches transformées; qu'ils s'enchevêtrent avec les gypses et que leur densité se rapproche de celle des gypses — nous admettons qu'ils s'étaient formés épigénétiquement par la transformation des gypses.

Tableau 1

Système	Étage	Niveau	Lithologie	Épaisseur moyenne
Miocène	Sarmatien	argiles de Krakowiec	argiles marneuses, grises, sableuses, avec intercalations de sable	140 m
		argiles à <i>Pecten</i>	argiles marneuses, vertes, avec intercalations de cinérites, calcaires et bentonites	40 m
	Tortonien	série des gypses	gypses et calcaires sulfurifères	25 m
		couches de Baranów	aleurites et grès calcaires	8 m
		calcaires à <i>Lithothamnium</i>	calcaires biogènes	10 m
		couches infra. — <i>Lithothamnium</i>	aleurites gris	2 m
Trias	Keuper		argiles vertes, rouges bleues	
	Muschelkalk		calcaires marneux	

Dans la série des gypses, c'est la partie centrale de l'espace examiné, construite en calcaires, qui a l'épaisseur la plus faible. Nous supposons donc que les calcaires ont commencé à se former là où la série gypseuse avait la moindre épaisseur. La bande des calcaires sulfurifères allongée vers WNW-ESE prouve que les changements se formaient dans la direction subséquente aux plissements des gypses, analogiquement aux directions du développement des phénomènes karstiques dans la vallée de la rivière Nida. Quelle que soit la raison — bactéries ou causes inorganiques — que l'on admette de la transformation des gypses en calcaires, l'eau en est toujours l'élément indispensable. Elle remplit les fissures et les pores des calcaires sulfurifères. Par contre, les gypses sont imperméables et ne contiennent pas d'eau. Dans les gypses, de menues quantités de soufre n'ont été constatées que dans le voisinage de la limite séparant les gypses des calcaires, et cela, seulement dans les fissures.

Dans les calcaires sulfurifères, nous distinguons quatre genres principaux:

1. Calcaires couleur crème

Calcaires friables, très poreux, marneux, couleur crème, injectés du soufre, cryptocristallins, de structure très faible et fragile, souvent s'éparpillant au toucher.

2. Calcaires pseudobrèche

Calcaires à structure de pseudobrèche, composée de fragments de calcaires compacts, durs, gris foncé ou bruns, enfoncée dans un calcaire tendre, marneux, couleur crème, avec du soufre cryptocristallin.

3. Calcaires vacuolaires sulfurifères

Calcaires compacts, durs, très vacuolaires, gris ou bruns. Les vacuoles, de 1 mm à quelques cm de diamètre sont soit vides soit remplies du soufre cryptocristallin ou cristallin, ou de calcite. Souvent au-dedans d'une vacuole remplie de soufre cryptocristallin, apparaît le soufre cristallin. Les vacuoles contenant le soufre cryptocristallin, en sont remplies en entier, tandis que celles avec du cristallin ne le sont qu'en partie.

4. Calcaires vacuolaires sans soufre

Calcaires vacuolaires, analogues aux précédents, mais sans soufre. Ces genres de la série gypseuse sont répartis de la manière suivante — au point de vue le plus schématique. Ils gisent par zones: à la limite qui les sépare des gypses viennent d'abord les calcaires couleur crème, puis les calcaires pseudobrèche, et enfin les calcaires vacuolaires sulfurifères. Les calcaires vacuolaires, sans soufre (4^e genre), n'entrent pas dans le cadre de ce schéma. Ils ne se montrent que dans le haut de la série gypseuse et ils contactent avec tous les autres genres des calcaires et avec les gypses.

La position de ces calcaires (4^e genre) et l'absence du soufre qu'on y constate, prouvent que les conditions de leur formation avaient été différentes de celles des autres calcaires de la série gypseuse. Nous supposons que les conditions qui avaient rendu possible l'élimination du soufre avaient dû exister avant la sédimentation des argiles à *Pecten* qui ont isolé la série gypseuse des influences extérieures. La sédimentation des argiles à *Pecten* a arrêté le processus de la formation des calcaires vacuolaires sans soufre.

Dans l'eau qu'enferment les calcaires sulfurifères, les proportions sont analogues à celles qui existent dans l'eau de mer, comme l'illustre le tableau 2.

Tableau 2

	Mg ⁺⁺	:	Na ⁺	:	Cl	K ⁺	:	Na ⁺
eau douce	1	:	1,7	:	1,66	1	:	2,73
eau marine	1	:	8,2	:	14,8	1	:	27,8
eau des calcaires en moyenne	1	:	10,6	:	6,8	1	:	26,8

Nous fondant sur ces faits, nous supposons que, dans les calcaires à *Lithothamnium* et les calcaires vacuolaires, s'est conservée l'eau marine miocène. Cette eau (sous une pression d'environ 20 atmosphères) agissait sur les gypses d'en haut, venant des calcaires vacuolaires, et surtout d'en bas, arrivant des calcaires à *Lithothamnium*, à travers les

fissures dans les couches de Baranów, et rendait possible la transformation des gypses en calcaires. Ces changements, produits par deux fronts d'activité, d'en haut et d'en bas, se sont rencontrés dans les parties les plus minces de la série gypseuse.

Ainsi se développa un système où l'étendue la plus grande des calcaires se trouve en haut et en bas de la série et celle des gypses à son centre. La transformation des gypses donna d'abord naissance aux calcaires couleur crème, ayant de petits pores et avec du soufre dispersé dans le calcaire pélitique. Puis le carbonate de calcium se concentrait par endroits en petites mottes compactes, enrobées de calcaires couleur crème, sulfurifères. Ainsi s'étaient formés les calcaires pseudobréchoïdes. La diagenèse amena ensuite la formation des calcaires vacuolaires, durs et compacts. Les nombreux petits pores firent place à des vacuoles plus grandes qu'eux. Le soufre cryptocristallin se transforma en partie en soufre cristallin.

La coexistence actuelle de toutes les étapes de diagenèse décrites ici, à partir des gypses jusqu'aux calcaires vacuolaires, fait supposer que le processus de la transformation des gypses continue toujours. Cette hypothèse est corroborée par le fait que, dans un des sondages au bord de l'espace examiné, à la profondeur de 229 m, la température de l'eau dans les calcaires à *Lithothamnium*, s'élève à 18 °C. D'après le degré géothermique, l'eau à cette profondeur devrait avoir la température de 12,8 à 14,6 °C. Cet accroissement de température ne saurait s'expliquer par l'affluence de l'eau venue des couches plus profondes des environs, ces dernières étant sans eau. Il existe la possibilité d'une affluence d'eau du SE où les calcaires à *Lithothamnium* gisent à une profondeur plus grande. Mais alors, pour arriver jusqu'à notre série, l'eau aurait à peu près 20 km à faire ce qui lui ferait perdre de sa chaleur.

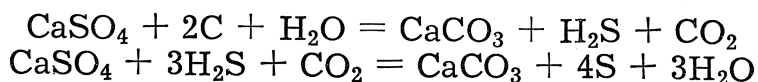
Nous supposons que la haute température d'eau vient ici des réactions chimiques exothermiques qui ont lieu à la limite des gypses et des calcaires.

En faveur de cette conception parlent les faits suivants:

1. La haute teneur de l'hydrogène sulfuré (180 mg/l) dans l'eau tiède des calcaires à *Lithothamnium*.

2. Dans la région de Solec, on a constaté que la température de l'eau des calcaires sulfurifères est plus haute qu'elle devrait être selon le degré géothermique, bien que les calcaires sulfurifères de la région de Solec gisent à une profondeur bien moins grande et que leur eau communique probablement avec l'eau quaternaire.

3. La réduction des gypses et l'oxydation de l'hydrogène sulfuré suivant la réaction:



dégage 2,174 kcal par chaque molécule-gramme du gypse transformé.

4. Un accroissement de température de l'eau dans les calcaires sulfurifères ne fut mesuré et constaté que dans un autre sondage, également fait au bord de l'espace occupé par les calcaires.

Dans la partie centrale de l'espace occupé par les calcaires sulfurifères, la température de l'eau se rapproche de celle qu'elle devrait avoir d'après le degré géothermique (14 °C).

En égard à ces faits, nous supposons que les transformations des

gypses en calcaires ont lieu actuellement. On peut dire en général que dans les gypses miocènes se laissent distinguer trois zones: avec l'eau à écoulement libre, où apparaissent les phénomènes karstiques; à l'eau sans écoulement possible, où se forment les calcaires sulfurifères; sans eau, où les gypses ne subissent pas de transformations. Cette dernière zone se trouve en état de regression en faveur des deux autres zones.

Laboratoire de Géologie de l'Académie des Sciences, Kraków

OBJAŚNIENIA TABLIC — EXPLICATIONS DES PLANCHES
Tablica XXXIV — Planche XXXIV

- Fig. 1. Wapień z serii wapieni pseudobrekcjowatych. Dłuższa oś okazu jest osią pionową. Okaz ten jest najlepszym dowodem przeciwko syngenetycznej teorii genezy siarki. Zafałdowania widoczne w wapieniu są przypuszczalnie powtórzeniem pierwotnej struktury sfałdowanego gipsu
- Fig. 2. Wapień jamisty, osiarkowany
- Fig. 3. Brekcja w gipsach
- Fig. 1. Calcaire de la série des calcaires pseudobrechoïdes. L'axe long de l'échantillon c'est l'axe vertical. Cet échantillon présente le meilleur argument contre la théorie de la genèse syngénétique du soufre. Les plis que l'on voit dans le calcaire répètent probablement la structure primitive du gypse plissé
- Fig. 2. Calcaire vacuolaire, sulfurifère
- Fig. 3. Brèche dans les gypses

Tablica XXXV — Planche XXXV

- Fig. 1. Wapień pseudobrekcjowaty (późne stadium). Siarka krystaliczna (starsza) w szczelinach wapienia zbitego, siarka pylasta (młodsza) rozproszona w wapieniu kremowym
- Fig. 2. Wapień pseudobrekcjowaty z siarką pylastą i krystaliczną. Na fotografii wapienie zbite — czarne, wapienie kremowe — szare, siarka biała
- Fig. 3. Gips zbity w pobliżu granicy z wapieniami, z siarką pylastą w szczelinie (jasne plamy na fotografii). W gipsach widoczne sfałdowania
- Fig. 4. Wapień kremowy (późne stadium) z siarką pylastą
- Fig. 1 Calcaire pseudobrechoïde (étape avancée). Soufre cristallin (plus ancien) en fissures de calcaire compact, soufre cryptocristallin (plus jeune) dispersé dans le calcaire couleur crème
- Fig. 2 Calcaire pseudobrechoïde avec soufre cryptocristallin et cristallin. Photo — calcaires compacts — noirs, calcaires couleur crème — gris, soufre — blanc
- Fig. 3. Gypse compact dans le voisinage de sa surface de contact avec les calcaires, soufre cryptocristallin dans la fissure (taches claires sur la photographie). Plissements visibles dans le gypse
- Fig. 4 Calcaire couleur crème (étape avancée) avec soufre cryptocristallin

