ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2004
Seria: GÓRNICTWO z. 260 Nr kol. 1649

Katarzyna STANIENDA
Politechnika Śląska, Gliwice

BADANIA PRZEJAWÓW DIAGENEZY W DOLOMITYCZNYCH WAPIENIACH TRIASOWYCH ZE ZŁOŻA „TARNÓW OPOLSKI"

Streszczenie. W artykule przedstawiono, w oparciu o wyniki badań makro- i mikroskopowych oraz w mikroobszarach, pogląd na temat procesów diagenezy destruktywnej i konstruktywnej, jakie zachodziły w wapieniach triasowych złoża „Tarnów Opolski".

INVESTIGATIONS OF THE DIAGENETIC PROCESSES IN THE DOLOMITIC LIMESTONES FROM THE „TARNÓW OPOLSKI" DEPOSIT

Summary. The opinion about the processes of the destructive and constructive diagenesis, which were going in the Triassic limestone from the "Tarnów Opolski" Deposit, was presented in this article. It was done on the base of the macroscopic and microscopic analyses and the microprobe measurements.

1. Wstęp

Zróżnicowanie osadów warstw karchowickich i diploporowych, (utwory wapienia muszlowego- trias), budujących złoże wapienia „Tarnów Opolski", związane jest z warunkami sedymentacji w zbiorniku germańskim (Kostecka A., 1978; Stanienda K., 2000; Szulc J., 1990, 2000), w tym z procesami diagenezy. W profilu tych utworów wyróżniono, począwszy od spągu: wapienie terebratulowe, wapienie karchowickie (krynoidowe dolne, skaliste, laminowane dolne, krynoidowe górne, laminowane górne, gruzłowate i cukrowate, plamiste dolne, biohermowe, rude, beżowe, plamiste górne, szaro-żółte) i utwory warstw diploporowych (Simiczyjew P. et al., 1996).

W artykule przedstawiono, w oparciu o wyniki badań makro- i mikroskopowych oraz rentgenowskiej mikroanalizy spektralnej w mikroobszarach, pogląd na temat procesów

diagenezy, jakie zachodziły w skałach badanego profilu. Analizom poddano próbki pobrane ze ścian eksploatacyjnych poziomów I i II oraz, z nie objętej eksploatacją, ściany północnej wyrobiska wschodniego złoża „Tarnów Opolski". W sumie pobrano 82 próbki punktowe.

2. Wyniki badań

2.1. Charakterystyka makro- i mikroskopowa

Wszystkie pobrane próbki opisano makroskopowo, analizując ich cechy strukturalno-teksturalne. Badania mikroskopowe przeprowadzono w świetle przechodzącym w mikroskopie polaryzacyjnym typu Jenalab firmy Zeiss, przy powiększeniach 100x i 250x.

Przedstawione, w tablicy 1, wyniki badań wskazują na zbliżone cechy mikroskopowe skał z poszczególnych odmian. Ogólnie wydzielić można dwie skrajne, z ciągłymi przejściami, odmiany mikrostrukturalne, wapienie zawierające składniki „ziarniste" (allochemy) i ortochemy (masa w różnym stopniu wykrystalizowana) oraz wapienie mikrokrystaliczne- mikrytowe z małą ilością lub brakiem allochemów. Charakterystyczną formą allochemów są bioklasty, przy zmiennych ilościach peloidów i agregatów. Część bioklastów zbudowana jest ze sparytu lub mikrosparytu, które mogły powstać w wyniku procesów neomorfizmu (rekrystalizacji) (Kostecka A., 1978). Kryształy dolomitu koncentrują się wśród „ziarnistych" odmian wapieni, głównie w obrębie masy sparytowej. W wapieniach mikrokrystalicznych romboedry dolomitu, a także dedolomitu występują w mikrytowej masie skalnej. Zaobserwowano również skupienia chalcedonu oraz domieszki związków żelaza, które występują w formie rozproszonej bądź wypełniają stylolity.

Tablica 1

Opis petrograficzny pobranych próbek

Charakterystyka petrograficzna odmian wapieni występujących w analizowanym profilu
Wapienie terebratulowe (poziom stropowy)- beżowe, struktura organodetrytyczna. W masie skalnej, zbudowanej z mikrytu, widoczne są spore ilości trochitów liliowców oraz inne, pokruszone szczątki organiczne. Tekstura zbita, bezładna. Składniki: allochemy i ortochemy, z dużą przewagą allochemów. Allochemy to głównie bioklasty, zróżnicowane pod względem wielkości i kształtu. Spora ilość bioklastów posiada powłokę mikrytową. Allochemy kontaktują się ze sobą w sposób prosty, punktowy lub wklęsło-wypukły. Ortochemy tworzą w skale masę sparytową, mozaikową, miejscami mikrosparytową i mikrytową. Skład mineralny: dominuje kalcyt, zidentyfikowano również, głównie w spoiwie, kryształy dolomitu, domieszki związków żelaza oraz kwarcu.

cd. tablicy 1

Wapienie krynoidowe dolne- barwa rdzawo-brunatna (związana z obecnością związków żelaza), struktura organodetrytyczna. W mikrytowej, miejscami sparytowej masie można zaobserwować trochity liliowców, odciski muszli, prawdopodobnie ramienionogów, oraz gniazda i żyłki sparytowe, zbudowane z kryształów kalcytu wielkości 0,5-1,5mm. Tekstura bezładna, zbita, w partiach zwietrzałych, kawernista. Allochemy kontaktują się ze sobą w sposób prosty, punktowy, lub wklęsło-wypukły. Zbudowane są z mikrytu i mikrosparytu. Bioklasty są w małym stopniu uszkodzone lub zdekompletowane i pokruszone. Ortochemy tworzą nieliczne spoiwo typu mozaikowego, którego kryształy są zróżnicowane co do wielkości i kształtu (mikrosparytowe i sparytowe). Niektóre próbki tego wapienia zbudowane są z masy mikrosparytowej, miejscami sparytowej. Odmiana o cechach pośrednich między opisanymi wyżej, to wapień o mikrostrukturze organodetrytycznej z allochemami. Skład mineralny: kalcyt, spora ilość dolomitu (sparytowe, romboedryczne kryształy), domieszki związków żelaza, te ostatnie w formie lamin.
Wapienie skaliste- barwa: jasnoszara, miejscami biała, szara z rdzawo-beżowymi plamami, jasnobeżowa, beżowo-brązowa lub szaro-beżowa z rudawymi laminami pochodzącymi od związków żelaza. Struktura: przeważnie mikrytowa, z widocznymi miejscami, kryształami sparytowymi, lub organodetrytyczna z trochitami liliowców. Tekstura bezładna, zbita, miejscami kawernista. Składniki: allochemy i ortochemy. Allochemy to peloidy, bioklasty i agregaty, zróżnicowane pod względem wielkości i kształtu. Niektóre z nich posiadają powłokę mikrytową. Krawędzie innych otoczone są cementem palisadowym. Kontaktują się ze sobą w sposób punktowy, wklęsło-wypukły lub prosty. Ortochemy to mikrosparytowa lub sparytowa masa typu mozaikowego. Inną odmianą są wapienie zbudowane z masy podstawowej, przede wszystkim mikrosparytowej, miejscami mikrytowej lub sparytowej. W obrębie wapieni skalistych opisano również próbki o cechach pośrednich między organodetrytycznymi i mikrosparytowymi. W masie ortochemowej dominującej w tych próbkach występują pojedyncze bioklasty, peloidy i agregaty. Bioklasty zbudowane są z mikrytu, niektóre z mikrosparytu, natomiast peloidy tworzące owalne, czasem wałeczkowate wydłużone formy, zbudowane są z mikrytu. Agregaty ujawniają mikrytowe lub mikrosparytowe struktury. Skład mineralny: kalcyt, pojedyncze kryształy dolomitu, domieszki związków żelaza, chalcedon.
Wapienie laminowane dolne- barwa: kremowo-żółta z beżowymi laminami, żółto-beżowa z rudawymi laminami lub szaro-beżowa z brązowymi plamami. Struktura: mikrytowa z nielicznymi ziarnami sparytowymi, sparytowa lub organodetrytyczna. Tekstura zwykle kierunkowa, związana z obecnością naprzemianległych, różnie zabarwionych lamin, miejscami kawernista. Składniki: allochemy (peloidy, bioklasty, agregaty) i ortochemy. Bioklasty to owalne, okrągłe lub pentagonalne trochity liliowców, zbudowane z pojedynczych kryształów kalcytu z widoczną często romboedryczną łupliwością. Agregaty i peloidy mają podobną budowę do opisywanych w wapieniach krynoidowych dolnych i skalistych. Allochemy kontaktują się ze sobą w sposób punktowy, wklęsło-wypukły lub prosty. Ortochemy to mozaikowa masa, zbudowana ze sparytu oraz mikrosparytu. Skład mineralny: kalcyt, dolomit, domieszki związków żelaza.
Wapienie krynoidowe górne- barwa: rdzawo-brunatna, kremowa, beżowa, żółto-brunatna lub beżowo-brunatna, związana ze zmienną zawartością związków żelaza. Struktura organodetrytyczna. W masie skalnej sparytowej miejscami mikrytowej, występują w dużej ilości trochitów liliowców, o wielkości 1 do 5 mm, niektóre z nich mają brązowawe zabarwienie. W niektórych odmianach obserwuje się większe fragmenty łodyg liliowców oraz odciski muszli. Oprócz szczątków organicznych, w masie skalnej występują gniazda sparytowe oraz żyłki zbudowane z kryształów kalcytu o wielkości 1 do 7 mm. Tekstura zbita, miejscami kawernista, w niektórych partiach bezładna rzadziej kierunkowa, związana z występowaniem naprzemianległych, w różnych odcieniach, brunatnawych lamin lub warstewek kremowo-żółtych i rdzawych. Allochemy to głównie bioklasty i peloidy, zróżnicowane pod względem wielkości i kształtu. Bioklasty to trochity liliowców, niektóre zbudowane z pojedynczych kryształów kalcytu oraz odciski muszli, w różnym stopniu przeobrażone. Owalne, wałeczkowate, czasem powyginane peloidy, zbudowane są z mikrytu. Niektóre allochemy posiadają powłokę mikrytową. Allochemy kontaktują się ze sobą w sposób prosty lub wklęsło-wypukły. Ortochemy to sparytowa, miejscami mikrosparytowa masa mozaikowa z żyłkami i gniazdami sparytowymi. W niektórych partiach skały można zaobserwować niewielkie ilości spoiwa mikrytowego oraz palisadowego otaczającego krawędzie allochemów. Skład mineralny: kalcyt, pojedyncze kryształy dolomitu, występujące głównie w mozaikowej masie, związki żelaza występujące w postaci rozproszonej lub nieregularnie wykształconych lamin i chalcedon o sferoidalnej budowie.

cd. tablicy 1

Wapienie laminowane górne- barwa: beżowa z brunatnymi laminami. Struktura organodetrytyczna, tekstura kierunkowa, laminowana, miejscami zbita, w partiach zwietrzałych, kawernista. W podstawowej masie skalnej, zbudowanej ze sparytu miejscami z mikrytu, występują szczątki organiczne (głównie trochity liliowców) oraz żyły i gniazda sparytowe, zbudowane z kalcytu. Kryształy sparytowe posiadają wielkość 0,02-0,1mm. W skale można wyróżnić obszary, w których dominuje sparyt, oraz partie zbudowane z drobniejszych kryształów, oddzielone od poprzednich laminami żelazistymi. Skład mineralny: kalcyt, dolomit, domieszki związków żelaza.
Wapienie gruzłowate i cukrowate- wykazują specyficzną budowę gruzełkową i cukrowatą. Wapienie gruzłowate są rdzawo-brunatne, lub ciemnobeżowe, o strukturze organodetrytycznej i teksturze kawernistej. Wapienie cukrowate są żółto-beżowe lub białe, ujawniają strukturę organodetrytyczną lub sparytową teksturę często kierunkową, związaną z obecnością w obrębie żółto-beżowej masy ciemnobeżowych warstewek. W masie skalnej wapieni obecna jest spora ilość rombowych kryształów. W niektórych partiach skały duże kryształy kalcytu z widoczną łupliwością poprzerastane są rombowymi kryształami dolomitu. W niektórych próbkach zidentyfikowano pojedyncze bioklasty, peloidy, agregaty oraz gniazda i żyłki wypełnione sparytem, występujące wśród mikrytowego spoiwa. Skład mineralny: kalcyt, dolomit.
Wapienie plamiste dolne- barwa: kremowo-beżowa z fioletowymi plamami pochodzącymi prawdopodobnie od domieszek związków manganu. Struktura: mikrytowa, mikrosparytowa lub organodetrytyczna. Występujące w masie skalnej szczątki organiczne są przeobrażone. Wyjątek stanowią trochity liliowców, które są stosunkowo dobrze zachowane. Widoczne są również gniazda sparytowe, w których kryształy kalcytu osiągają wielkość nawet od 1 do 3mm. Tekstura przeważnie kawernista. Głównym składnikiem tych wapieni jest podstawowa, krystaliczna masa skalna. Zbudowana jest w przewadze z mikrosparytu, w mniejszej ilości z mikrytu. Skład mineralny: kalcyt, dolomit oraz domieszki związków żelaza.
Wapienie biohermowe- odmiana ta tworzy kopulaste lub soczewkowe formy w pewnych partiach wyrobiska. Barwa: biała, lub kremowo-żółta. Skały te posiadają obniżoną zwięzłość (brudzą palce), w czym przypominają wapienie kredowate. Miejscami, w jasnej masie uwidaczniają się fioletowe plamy. Struktura mikrytowa, czasem organodetrytyczna, sparytowa. Tekstura bezładna, porowata. Skład mineralny: kalcyt, dolomit oraz domieszki związków żelaza.
Wapienie rude- barwa: rudawa. Struktura organodetrytyczna, mikrytowa lub sparytowa. Tekstura bezładna, zbita, miejscami kawernista. Masa podstawowa (główny element strukturalny tych wapieni) zbudowana z mikrytu bądź z drobnokrystalicznego sparytu, zawiera pojedyncze trochity liliowców oraz żyłki i gniazda sparytowe, w których kryształy kalcytu osiągają wielkość 2 do 3mm. W analizowanych wapieniach często można wyznaczyć granicę pomiędzy obszarami zbudowanymi ze sparytu i polami mikrosparytowymi. Bardzo często większe kryształy kalcytu z widoczną romboedryczną łupliwością są poprzerastane drobniejszymi, rombowymi kryształami dolomitu. Kryształy kalcytu o nieregularnych kształtach i wielkości dochodzącej do kilku mm, tworzą również żyły i gniazda sparytowe. Nieliczne odmiany, o strukturze organodetrytycznej, zbudowane są z allochemów, zróżnicowanych pod względem wielkości (niektóre osiągają rozmiary dochodzące do 3mm) i kształtu. Allochemy: bioklasty, peloidy, rzadziej agregaty. Bioklasty to głównie trochity liliowców zbudowane z kalcytu. Peloidy tworzą formy owalne, okrągłe, czasem wałeczkowate. Peloidy i agregaty zbudowane są z mikrytu. Allochemy kontaktują się ze sobą w sposób najczęściej wklęsło-wypukły lub punktowy. Ortochemy to mozaikowa masa, zbudowana ze sparytu i mikrosparytu, miejscami można zaobserwować domieszki mikrytu. Skład mineralny: kalcyt oraz w dużej ilości dolomit.
Wapienie beżowe- barwa: beżowa. Struktura: organodetrytyczna lub mikrosparytowa. Tekstura zbita, bezładna. Dominują tu odmiany z mikrokrystaliczną masą podstawową, w której występują gniazda i żyłki sparytowe, zbudowane z kryształów kalcytu o wielkości 1-2mm. W próbce 49 wyróżniono allochemy (peloidy i agregaty), wykazujące zróżnicowanie pod względem wielkości i kształtu oraz ortochemy- masa mikrytowa lub mikrosparytowa- mozaikowa. Skład mineralny: kalcyt, dolomit, domieszki związków żelaza.
Wapienie plamiste górne- barwa: szaro-beżowa, z fioletowo-brązowymi plamami. Struktura: organodetrytyczna, mikrosparytowa. Tekstura porowata. W porach obecne są drobnokrystaliczne skupienia kalcytu. Składniki: allochemy (agregaty mikrytowe) i ortochemy (masa podstawowa zbudowana z mikrytu). W pewnych partiach skały występują gniazda sparytowe zbudowane z kryształów kalcytu i dolomitu. Skład mineralny: kalcyt, dolomit, domieszki związków żelaza.
Wapienie szaro-żółte- barwa: szaro-żółto-beżowa. Struktura: mikrytowa miejscami sparytowa. Tekstura zazwyczaj porowata. Składniki: allochemy (peloidy, agregaty, rzadziej bioklasty). Allochemy kontaktują się ze sobą w sposób prosty, punktowy lub wklęsło-wypukły. W mikrytowej masie podstawowej występują żyły i gniazda sparytowe, w których kryształy kalcytu osiągają wielkość czasem nawet powyżej 0,5 mm. Kalcyt tworzy czasem charakterystyczne formy promieniste. Skład mineralny: kalcyt, w mniejszej ilości dolomit oraz kwarc.

cd. tablicy 1

Wapienie warstw diploporowych- w obrębie tego wydzielenia, określonego w literaturze (Simiczyjew P. et al., 1996), jako dolomit glonowy występują wapienie i dolomity. Analizowana próbka pochodzi z warstwy wapienia. Barwa: beżowa Struktura: mikrytowa. Tekstura zbita, kierunkowa, związana z obecnością ułożonych równolegle do siebie lamin żelazistych. W skale dominuje masa mikrytowa, w której można zaobserwować gniazda sparytowe. Skład mineralny: kalcyt, dolomit, domieszki związków żelaza oraz pojedyncze osobniki kwarcu.

2.2. Rentgenowska mikroanaliza spektralna (badania w mikroobszarach)

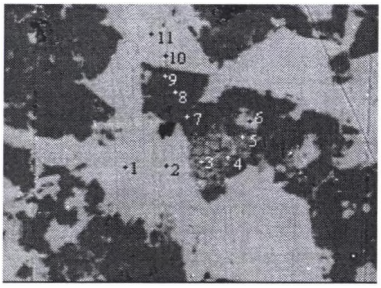
Do analizy wytypowano wapień krynoidowy dolny i wapień krynoidowy górny. Badania wykonano w Instytucie Metali Nieżelaznych w Gliwicach, przy zastosowaniu mikroanalizatora rentgenowskiego typu JCXA 733 firmy Jeol (Japonia), współpracującego ze spektrometrem energodyspersyjnym Link ISIS 300 firmy Oxford Instruments (Wielka Brytania). Wyniki badań przedstawiono na rysunkach 1 i 2 oraz w tablicach 2 i 3.

Tablica 2

Ilościowy skład chemiczny próbki wapienia krynoidowego dolnego w mikroobszarze

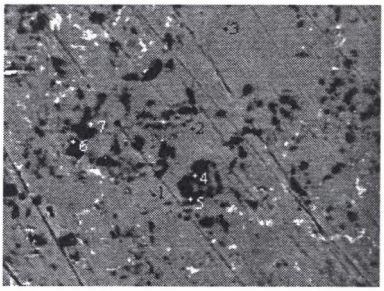
Składniki chemiczne	Numery analizowanych chemicznie punktów zgodnie z rys..1. [% mas.]										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
C	4,31	8,72	7,80	9,14	8,51	9,09	7,76	7,49	7,70	8,43	8,80
Mg	0,29	0,44	6,73	9,48	9,80	2,44	13,56	13,38	13,67	0,35	0,32
Si	0,09	0,07	0,15	0,71	0,24	0,13	0,08	0,08	0,12	0,04	0,07
Ca	42,56	41,21	36,06	30,56	30,35	39,54	25,09	24,68	25,06	41,60	41,01
Mn	0,00	0,03	0,01	0,03	0,05	0,09	0,00	0,01	0,13	0,02	0,01
Fe	0,14	0,01	0,61	0,72	0,82	1,14	0,50	0,80	0,76	0,13	0,03
Cu	0,11	0,08	0,03	0,03	0,03	0,17	0,09	0,11	0,12	0,12	0,18
Zn	0,08	0,05	0,01	0,13	0,00	0,16	0,04	0,20	0,06	0,06	0,19
Y	0,13	0,02	0,05	0,07	0,02	0,08	0,08	0,19	0,02	0,07	0,05
Cd	0,06	0,05	0,06	0,03	0,09	0,02	0,02	0,02	0,02	0,25	0,23
Pb	0,04	0,02	0,00	0,01	0,07	0,03	0,08	0,00	0,01	0,05	0,05
O	52,39	49,45	48,70	49,51	50,41	47,20	52,31	52,83	52,64	49,67	50,01
Suma	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
MgO	0,46	0,70	10,76	15,16	15,68	3,90	21,69	21,40	20,91	0,56	6,53

Wybrany do analizy mikroobszar zgładu wapienia krynoidowego dolnego ilustruje rysunek 1. Idiomorficzne kryształy dolomitu mogą wskazywać na krystalizację tego minerału w luźnym osadzie wapiennym. Wykonane w mikroobszarze analizy ilościowe (tabl.2), również w przekrojach kryształów dolomitu pozwoliły na wydzielenie dwóch faz dolomitowych- kryształów dolomitu (rys..1, tabl.2- analizy 7, 8) o wysokiej i stałej w przekroju zawartości MgO, oraz występujących w osnowie kalcytowej kryształów o zmiennej zawartości MgO- 10,76, 15,16 i 15,68% (tabl.2), które należałoby zaliczyć do kalcytu magnezowego (Fairbridge R.W., 1957).



Rys. 1. Obraz elektronowy mikroobszaru próbki wapienia krynoidowego ndolnego.
Pow. 1500x, jasnoszare tło- kalcyt, kryształy ciemne- dolomit, 1-11- miejsca wykonanych analiz chemicznych

Fig. 1. Electronic image of the micro-area of the Crinoidea limestone sample from the lower Crinoidea stratum.
Enlargement 1500x, fair grey- calcite, dark crystals- dolomite, 1-11- the points where the chemical analysis was done



Rys. 2. Obraz elektronowy mikroobszaru próbki wapienia krynoidowegho górnego.
Pow. 1000x, jasnoszare tło- kalcyt, ziarna ciemne- dolomit, 1-7- miejsca wykonanych analiz chemicznych

Fig. 2. Electronic image of the micro-area of the Crinoidea limestone sample from the upper Crinoidea stratum.
Enlargement 1000x, fair grey- calcite, dark crystals- dolomite, 1-7- the points where the chemical analysis was done

Tablica 3

Ilościowy skład chemiczny próbki wapienia krynoidowego górnego w mikroobszarze

Składniki chemiczne	Numery analizowanych chemicznie punktów zgodnie z rys.2. [%mas.]						
	1	2	3	4	5	6	7
C	10,04	10,02	9,99	10,08	6,11	6,48	8,13
Na	0,98	0,93	0,95	1,24	0,93	1,02	1,19
Mg	0,43	0,55	0,45	9,05	12,38	13,02	13,14
Al	0,05	0,05	0,05	0,09	0,07	0,06	0,05
Si	0,07	0,07	0,06	0,12	0,09	0,06	0,08
Ca	41,24	41,02	41,35	29,10	27,76	25,59	27,32
Mn	0,04	0,09	0,04	0,01	0,03	0,05	0,16
Fe	0,02	0,21	0,21	0,27	0,37	0,36	0,18
Sr	0,05	0,00	0,03	0,02	0,13	0,02	0,05
Ba	0,01	0,02	0,10	0,06	0,17	0,09	0,07
O	47,17	47,22	46,95	50,09	52,03	51,55	49,78
Suma	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
MgO	0,68	0,88	0,69	14,49	19,80	20,83	21,02

Mikroobszar zgładu próbki wapienia krynoidowego górnego (rys.2) zbudowany jest z osnowy kalcytowej z drobnymi kryształami dolomitu. Charakterystyczną cechą występujących w tej próbce faz jest ich zmienny skład chemiczny (z punktu widzenia zawartości Ca i Mg) oraz stała obecność Na (tabl.3), mogąca wskazywać na podwyższone zasolenie wody morskiej w czasie sedymentacji wapieni dolomitycznych. Skład chemiczny fazy kalcytowej (tabl.3- analizy 1, 2, 3) nie odbiega od stwierdzonego w próbce wapienia

krynoidowego dolnego. Faza dolomitowa (tab.3- analizy 4, 5, 6, 7) cechuje się zróżnicowaniem zawartości MgO od 14,49 do 21,02%. Zmienność w składzie, oraz niższa od stechiometrycznej dla dolomitu zawartość MgO może wskazywać na występowanie, w podstawowej masie wapienia, kryształów kalcytu magnezowego. Wybrany mikroobszar zawiera również konkrecje białych, wzbogaconych w żelazo, ziaren w osnowie kalcytowej. Analizy chemiczne (tab.3- analizy 4, 5, 6) wskazują na tlenkowy charakter tej fazy.

Wykazana obecność faz mieszanych w obu próbkach wskazuje na złożony mechanizm procesu dolomityzacji, uwzględniający różne formy krystalograficzne fazy Ca-Mg.

3. Dyskusja wyników

W oparciu o wyniki badań przedstawiono pogląd na temat niektórych procesów diagenezy destruktywnej i konstruktywnej, izochemicznej (cementacja wczesnodiagenetyczna i sparytowa, neomorfizm) oraz allochemicznej (dolomityzacja, dedolomityzacja, sylifikacja).

Diageneza destruktywna: jej efektem są, między innymi, podłużne, owalne tunele, będące efektem działalności skałotoczy. W wyniku działalności mikroskałotoczy doszło do utworzenia się perforowanej powierzchni drążonego allochemu. Powstałe wydrążenia zostały wypełnione mikrokrystalicznym węglanem wapnia, mikrytem aragonitowym lub Mg-kalcytowym, powstałymi wskutek wytrącania się z roztworu wody morskiej (Kozłowski K. i Łapot W., 1989). W części zewnętrznej niektórych allochemów powstała powłoka mikrytowa o bardzo nierównej powierzchni. Wynikiem intensywnego procesu mikrytyzacji są peloidy.

Diageneza konstruktywna przebiegała w trzech etapach:

Stadium eogenetyczne- charakteryzowało się stopniowym odwadnianiem sedymentów, spadkiem porowatości, rozpuszczaniem organicznego aragonitu oraz wczesną cementacją (Kostecka A., 1978). Oznaczone, podczas badań w mikroobszarach, Ba i Sr wskazują na obecność aragonitu w trakcie tworzenia się osadów wapienno-dolomitowych. Ulegał on rozpuszczaniu w trakcie tworzenia się cementu I generacji (cement A) (Kostecka A., 1978). Cement I generacji reprezentowany jest, w analizowanych skałach, przez cement mikrytowy i palisadowy. W jego skład wchodzą: mikrytowy kalcyt i Mg-kalcyt oraz sparytowy dolomit. Mg-kalcyt mógł się wytrącać z silnie nasyconych wód porowych (Kozłowski K. i Łapot W., 1989). Zdaniem Fairbridge'a (1957) minerał ten pochodzić może ze szkieletów i skorup organizmów morskich, w których stwierdzono dość wysoką zawartość magnezu w postaci roztworu stałego w kalcycie. Występujący, w szkieletach organizmów (glonów, otwornic,

szkarłupni oraz niektórych korali- Szulc J., 1990, 2000; Bodzioch A., 1990), magnez mógł być uwalniany z kalcytu w czasie ich rozkładu. Obecność sodu w analizowanych próbkach (tabl.3) może wskazywać na podwyższone zasolenie wody morskiej (woda wzbogacona NaCl w siarczany i chlorki magnezu i wapnia- Strachow N.M., 1958) w czasie sedymentacji wapieni dolomitycznych. Proces dolomityzacji w wapieniach złoża „Tarnów Opolski" mógł się rozpocząć równocześnie z procesem depozycji składników. Prawdopodobnie doszło wtedy do reakcji pomiędzy składnikami zbudowanymi z węglanu wapnia i stężonym roztworem wody morskiej, zawierającym między innymi jony magnezu (Kozłowski K. i Łapot W., 1989). Procesowi temu podlegały początkowo najdrobniejsze cząstki węglanu wapnia (0,001 do 0,005 mm), a w miarę postępu dolomityzacji również większe cząsteczki węglanowe, w tym i allochemy. Tworzenie się dolomitu wskutek dolomityzacji wczesnodiagenetycznej nie zachodziło poprzez bezpośrednią krystalizację ze stężonej wody morskiej. Poprzedzało go wytrącanie się węglanu wapnia, który prawie natychmiast ulegał dolomityzacji. Dolomit występujący w wapieniach złoża „Tarnów Opolski" uznano za wczesnodiagenetyczny ze względu na euhedralny pokrój kryształów oraz nieznaczne różnice w ich wielkości.

Stadium mezogenetyczne- obejmuje tworzenie się cementu II generacji oraz procesy neomorfizmu (transformacja, rekrystalizacja, agradacja, rozpuszczanie). W stadium mezogenetycznym, w związku ze wzrostem miąższości nadkładu, a zarazem i odcięciem od dopływu świeżej wody morskiej, zanikł bezpośredni wpływ czynników powierzchniowych (podmorskich) na przebieg diagenezy (Kostecka A., 1978). Regresja morza w kajprze przyczyniła się przypuszczalnie do wpływu na przebieg diagenezy wód meteorycznych, które wsiąkając w głąb skał, mieszały się z reliktowymi wodami porowymi. Z tych roztworów prawdopodobnie zaczął krystalizować cement II generacji (cement B). Nie poznano bliżej źródła węglanu wapnia, tworzącego ten cement. Według Kosteckiej (1978) część $CaCO_3$ pochodziła z rozpuszczanych, aragonitowych elementów szkieletowych, część z procesów rozpuszczania pod ciśnieniem (stylolity). Cement II generacji wytrącał się w warunkach redukcyjnych (na co wskazuje obecność jonów Fe^{2+} w sieci przestrzennej kryształów). Cement B wypełnia całkowicie lub częściowo przestrzenie pomiędzy allochemami. Zbudowany jest z dużych kryształów. Najczęściej jest to cement typu mozaikowego o charakterze pseudosparytu, na co wskazują: słabe wysortowanie kryształów, ząbkowane lub falisto zazębiające się granice pomiędzy kryształami, zanieczyszczenia wewnątrz kryształu, brak określonej orientacji w stosunku do obrastanej przestrzeni. Stadium mezogenetyczne obejmowało również procesy neomorfizmu prowadzące do transformacji minerałów węglanowych z postaci mniej stabilnych w bardziej stabilne (Kozłowski K. i Łapot W.,

1989). Z podwyższeniem temperatury zdolność przyjmowania magnezu w skład kalcytu wzrasta (przy 500°C ok. 5% mol., przy 900°C już ok. 27% $MgCO_3$) (Borkowska M. i Smulikowski K., 1973). Przy spadku temperatury następuje jednak odmieszanie w postaci dolomitu. W słodkich wodach, ubogich w magnez, proces transformacji minerałów mniej stabilnych w bardziej stabilne zachodzi bardzo szybko, natomiast w wodach bogatych w magnez obserwuje się tendencje do utrwalania się mniej stabilnych postaci węglanu wapnia, w przypadku analizowanych wapieni- kalcytu magnezowego. Obecność Mg-kalcytu w wapieniach złoża „Tarnów Opolski" może wskazywać na podwyższoną zawartość magnezu w wodach zbiornika, w którym tworzyły się badane skały (Stanienda K., 2000). Aragonit uległ jednak transformacji w kalcyt, a jedynym dowodem na istnienie pierwotnie tej formy węglanu wapnia jest obecność strontu i baru (tab.3). W analizowanych skałach zaobserwowano też efekty rekrystalizacji i agradacji, które doprowadziły do zmian wielkości ziaren i kryształów. Do pseudosparytu, nie tworzącego cementu, zaliczyć można kryształy kalcytu budujące trochity liliowców. Analizy makro- i mikroskopowa wykazały, że trochity zbudowane są z pojedynczych kryształów kalcytu. Prawdopodobnie po obumarciu liliowca, wewnątrz trochitów, zbudowanych z większej ilości kryształów kalcytu, doszło do ich rekrystalizacji w zgodności optycznej, co doprowadziło do wypełnienia trochitu przez pojedynczy kryształ. Rekrystalizacji ulegały również kryształy cementu, które ponadto objęte zostały procesem agradacji. Rekrystalizacja i agradacja przebiegały w stanie stałym, bez udziału roztworów, wskutek przemieszczania się jonów z jednego kryształu do drugiego (Kozłowski K. i Łapot W., 1989). Kryształy pseudosparytu, wchodzące w skład cementu, są zróżnicowane pod względem wielkości, ponieważ agradacja nie prowadzi do wyrównywania wielkości kryształów w skale. Wykazują również zróżnicowanie w morfologii, są najczęściej obcokształtne (anhedralne) o nieregularnych formach. Innym procesem neomorfizmu, zachodzącym w wapieniach złoża „Tarnów Opolski", było rozpuszczanie. Proces ten doprowadził do powstawania stylolitów wyścielonych związkami żelaza. Stylolity, w analizowanych wapieniach, są miejscami rozwinięte w postaci regularnie przebiegających horyzontów, ostro bądź łagodnie pofalowanych, w przybliżeniu równoległych do siebie.

Stadium telogenetyczne- rozpoczęło się w chwili wydźwignięcia skał do strefy powierzchniowej (Kostecka A., 1978) i charakteryzowało rozwojem zjawisk krasowych oraz procesami dedolomityzacji i sylifikacji. Skutki procesów krasowych uwidaczniają się w złożu „Tarnów Opolski" w postaci lejów krasowych oraz skrasowiałych niektórych partii warstw (Simiczyjew P. et al., 1996; Stanienda K., 2000). O dedolomityzacji (zastępowanie dolomitu przez kalcyt z jednoczesnym wytrącaniem tlenków żelaza) świadczą: podwyższona zawartość

MgO wewnątrz kryształu zmniejszająca się ku krawędziom, obecność pseudomorfoz po dolomicie, licznych tlenków żelaza podkreślających zarys romboedrycznych kalcytowych pseudomorfoz po dolomicie oraz kryształów częściowo zdedolomityzowanych. Sylifikacja w wapieniach złoża „Tarnów Opolski" obejmowała proces bezpośredniego wytrącania się krzemionki z roztworów w wolnych przestrzeniach porowych. Efektem sylifikacji są: konkrecje (buły), tworzące charakterystyczne poziomy w niektórych warstwach (Simiczyjew P. et al., 1996) oraz wypełnienia drobnych por kwarcem lub chalcedonem. Buły krzemionkowe posiadają zazwyczaj kształt elipsoidalny. Zbudowane są z kwarcu grubo- i średniokrystalicznego, kwarcu kryptokrystalicznego, chalcedonu, pelitu kwarcowego z reliktami węglanowymi. Często impregnowane są tlenkami i wodorotlenkami żelaza, w związku z czym posiadają żółte lub czerwonobrązowe zabarwienie (Kwiatkowski S., 1990).

4. Wnioski

1. W wapieniach ze złoża „Tarnów Opolski" zaobserwowano efekty procesów zarówno diagenezy destruktywnej, jak i konstruktywnej.
2. Efektem diagenezy destruktywnej są podłużne tunele, powłoki mikrytowe w zewnętrznych częściach allochemów oraz spora ilość peloidów.
3. W stadium eogenetycznym diagenezy konstruktywnej tworzył się cement I generacji (cement A), reprezentowany cement mikrytowy oraz ortosparytowy cement palisadowy. Minerałami, które powstały w stadium eogenetycznym, były: kalcyt magnezowy oraz wczesnodiagenetyczny dolomit.
4. W stadium mezogenetycznym powstał cement II generacji (cement B), reprezentowany przez cement typu mozaikowego o charakterze pseudosparytu. Wypełnia on bardzo często przestrzenie między allochemami. Buduje też, wraz z mikrytem, masę podstawową wapieni uboższych w allochemy. W stadium tym przebiegały również procesy neomorfizmu: transformacja aragonitu w kalcyt niskomagnezowy, rekrystalizacja kryształów kalcytu, budujących trochity liliowców, rekrystalizacja i agradacja kryształów cementu oraz proces rozpuszczania, który doprowadził do powstania stylolitów wyścielonych związkami żelaza.
5. Stadium telogenetyczne diagenezy konstruktywnej zaznaczyło się w złożu „Tarnów Opolski" występowaniem procesów krasowych, które doprowadziły do utworzenia lejów krasowych i skrasownienia niektórych partii warstw oraz dedolomityzacji i sylifikacji.

Proces dedolomityzacji spowodował powstanie pseudomorfoz po dolomicie. W wyniku syfilikacji doszło do wypełnienia drobnych porów kwarcem lub chalcedonem (często w postaci form promienistych) oraz powstania konkrecji (buł) krzemiennych, tworzących poziomy w niektórych warstwach.

LITERATURA

1. Bodzioch A.: International workshop field seminar the Muschelkalk- sedimentary environment, facies and diagenesis. Kraków-Opole 1990.
2. Borkowska M., Smulikowski K.: Minerały skałotwórcze. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1973.
3. Fairbridge R.W.:The dolomite question. Soc. Econ. Paleontologists and Mineralogists Spec. Pub. 5, 1957, pp.164-170.
4. Kostecka A.: Utwory węglanowe dolnego wapienia muszlowego południowo-zachodniego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich Cz.II. Diageneza. Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego, vol. XLVIII- 3/4, 1978a, ss. 297-325.
5. Kozłowski K., Łapot W.: Petrografia skał osadowych. Uniwersytet Śląski, Katowice 1989.
6. Kwiatkowski S.: Silica nodules in the Muschelkalk of Silesia. International Workshop-Field Seminar The Muschelkalk- Sedimentary Environments, Facies and Diagenesis-Excursion Guidebook and Abstracts"- Kraków- Opole, 1990, pp. 28-32.
7. Simiczyjew P., Szynkiewicz A., Sowiński L.: Szczegółowe rozpoznanie budowy geologicznej i kopaliny- źródłem racjonalnego wykorzystania złoża na przykładzie kamieniołomu wapieni w Tarnowie Opolskim. Górnictwo Odkrywkowe XXXVIII, 3, 1996.
8. Stanienda K.: Wpływ przejawów dolomityzacji wapieni triasowych w złożu „Tarnów Opolski" na możliwości ich zastosowania w procesie odsiarczania spalin. Praca doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice 2000.
9. Strachow N.M.: Facts and hypothesis concerning genesis of dolomite rock. Ser. Geol., 1958, No 6, pp.1-18.
10. Szulc J.: International Workshop- Field Seminar The Muschelkalk- Sedimentary Environments, Facies and Diagenesis- Excursion Guidebook and Abstracts. Kraków-Opole 1990, pp.1-32.
11. Szulc J.: Middle Triassic evolution of the Northern Peri-Tethys area is influenced by early opening of the Tethys Ocean. Annales Societatis Geologorum Poloniae, vol. 70, 2000, pp.1-48.

Recenzent: Prof. dr hab.inż. Tadeusz Kapuściński

Abstract

The opinion about the processes of diagenesis, which were going in the Triassic limestone from the "Tarnów Opolski" Deposit was presented in the article. It was done on the base of the macroscopic and microscopic analyses and the microprobe measurements.

The results of the investigations showed that in the limestones from the "Tarnów Opolski" Deposit the processes of the destructive and constructive diagenesis were going. The effects of the destructive diagenesis are longitudinal tunnels, micritic coats in the marginal areas of the allochems and peloides, which were formed by sea organisms. The I generation cement (cement A- micritic and palisade) was formed during the eogenetic stage of the constructive diagenesis. Magnesian calcite and early diagenetic dolomite were crystallized then. During the mesogenetic stage the cement of the II generation (cement B- pseudosparitic, mosaic) was formed. It builds the rock mass of the investigating limestones together with the micritic cement. The neomorphic processes (transformation, recryustallization, agradation and dissolution) were also going during the mesogenetic stage. The telogenetic stage characterized by the karstic processes, dedolomitization and silification.