

Halina WAŻNY, Przemysław STENZEL

Badania geochemiczne osadów węglanowych cechsztynu z otworu wiertniczego Grzybnica IG 1 z zastosowaniem analizy czynnikowej – sposób R

WSTĘP

Otwór wiertniczy Grzybnica IG 1 położony jest w północno-zachodniej części strefy dyslokacyjnej Koszalin — Chojnice. W otworze tym zostały przewiercone osady trzech poziomów węglanowych cechsztynu: wapienia, dolomitu głównego i dolomitu płytowego, co zadecydowało o jego wyborze do niniejszych rozważań. Profil znajduje się w złożonej sytuacji tektonicznej (uskoki, powtarzanie tektoniczne poszczególnych poziomów), co może mieć wpływ na dokładność wyników badań geochemicznych.

Osady węglanowe omawianego profilu to dolomity, w których E. Czajor (1972) wyróżnia 4 główne typy genetyczne, tj.: dolomity warstwowane, dolomity masywne, dolomity przejściowe (od masywnych do warstwowanych) i — występujące zwykle w stropie każdego poziomu — dolomity onkolitowe lub algowe. Badania geochemiczne formacji cechsztynu oparto na oznaczeniach następujących pierwiastków: Cu, Pb, Ni, V, Cr, Ba, Sr, Ti, Mn, Fe i F. Uwzględniając zdolności migracyjne tych pierwiastków w roztworze — co ma zasadnicze znaczenie dla wytłumaczenia ich akumulacji w jednym i zubożenia w innym środowisku sedymentacji — można wyróżnić wśród nich dwie podgrupy:

- pierwiastki o dużej zdolności migracyjnej, tj.: Mn, Cu, Sr i F;
- pierwiastki o ograniczonej zdolności migracyjnej (szczególnie w środowisku morskim) tj.: Ni, Cr, V, Pb, Ti, Ba i Fe.

Możliwości migracji drugiej podgrupy pierwiastków są determinowane warunkami fizyczno-chemicznymi środowiska sedymentacyjnego, na które składają się czynniki takie jak: pH roztworów, potencjał oksydacyjno-redukcyjny, aktywność jonów, a także czynniki tektoniczne i klimatyczne. Pierwiastki te dostają się do strefy sedymentacji z ładu: jedne w składzie materiału terygenicznego, gdzie na ogół zachowują swój

mineralogiczny charakter (pierwiastki grupy drugiej), inne — łatwiej rozpuszczalne — w roztworach (pierwiastki grupy pierwszej).

Nierównomierność rozmieszczenia omawianych pierwiastków charakteryzuje złożoność i odmienne warunki tworzenia się osadów, a zatem są one genetycznie związane z utworami, w których występują. Szczegółowa analiza rozkładu tych pierwiastków w osadach węglanowych cechsztynu, wykształconych w różnych facjach, pozwoliła wydzielić wśród nich: Cr, Ba, V, Ni, Pb, Ti i Fe związane z frakcją ilastą i detrytyczną, stanowiącą w przeważającej części terygeniczny składnik osadów, oraz Mn, Sr, F i Cu, których obecność jest związana z procesem chemicznego wytrącania się osadu. Cu w zasadzie zajmuje pozycję pośrednią, gdyż pewna jej ilość kumuluje się w osadach w związku z wystąpieniami domieszek terygeniczych. Pewna część koncentracji tych pierwiastków jest pochodzenia organogenicznego.

ZAKRES I METODY BADAŃ

Ilościowe oznaczenia Cu, Pb, Ni, V, Cr, Ba, Sr, Ti i Mn wykonano metodami spektralnej analizy emisyjnej. Badania przeprowadzono na spektrografie siatkowym typu PGS-2. Jako źródła wzbudzenia użyto łuku prądu stałego o natężeniu 5—7 A. Warunki stosowanych metod zostały szczegółowo opisane w pracy¹ H. Ważny (1967).

Oznaczenia Fe i F wykonano metodami: kolorymetrycznymi i miareczkową. Zastosowanie analizy matematycznej do interpretacji geochemicznej miało na celu sprawdzenie czy badane pierwiastki są rzeczywiście powiązane genetycznie i dadzą się wydzielić w dwóch lub więcej grupach oraz ocenę w jakich asocjacjach występują w całym badanym przedziale, a w jakich w poszczególnych poziomach sedymentacyjnych. Do rozwiązania tego problemu zastosowano technikę matematyczną, zwaną analizą czynnikową.

ANALIZA CZYNNIKOWA — SPOSÓB R

Opis teorii matematycznej analizy czynnikowej oraz metodyczne wskazówki jej zastosowania w naukach geologicznych zostały wyczerpująco opisane w pracy I. Wiatr, P. Stenzla (1973). Dlatego też w niniejszym artykule podano tylko te informacje o metodzie, które są niezbędne do zapoznania się z tokiem interpretacji i jej wynikami. Podstawowym założeniem, które przyjęto za uzasadnienie zastosowania analizy czynnikowej (sposób R) do geochemicznej interpretacji osadów węglanowych cechsztynu w otworze wiertniczym Grzybica IG 1 jest stwierdzenie, że:

1. Masa skalna jest określona przestrzennie i litostratygraficznie

¹ Określona tam wykrywalność dla większości pierwiastków wynosi 5 pom. Precyzja metody ustalona na podstawie wyliczenia współczynnika zmienności, który wynosi około 25%, jest wystarczająca i odpowiada przyjętym powszechnie założeniom dla tego typu badań.

przez odpowiednią ilość próbek; w każdej próbce oznaczono zawartość niektórych pierwiastków.

2. W zawartości pierwiastków w próbkach znalazły odzwierciedlenie procesy kształtujące badaną masę skalną, tzn., że określony proces geologiczny lub grupa tych procesów miały wpływ na zmienność zawartości w skale określonych pierwiastków lub ich asocjacji.

3. Jeżeli nieznanne procesy (grupy procesów) oznaczymy przez F_1, F_2, F_3, \dots (dalej zwane czynnikami), a kolejne oznaczane w próbkach pierwiastki przez z_1, z_2, \dots, z_m (dalej zwane cechami), to do przyjęcia jest związek:

$$\begin{aligned} z_1 &= a_{11}F_1 + a_{12}F_2 + a_{13}F_3 + \dots \\ z_2 &= a_{21}F_1 + a_{22}F_2 + a_{23}F_3 + \dots \\ &\vdots \\ &\vdots \\ &\vdots \\ z_m &= a_{m1}F_1 + a_{m2}F_2 + a_{m3}F_3 + \dots \end{aligned} \quad [1]$$

gdzie: $a_{11}, a_{21}, \dots, a_{m1}$ — współczynniki określające wpływ procesu (czynnika) F_1 na zawartości pierwiastków z_1, \dots, z_m ;

a_{11}, a_{12}, \dots — współczynniki określające wpływ czynników F_1, F_2, \dots na zawartość pierwiastka z_1 .

Układ równań [1] nie może być rozwiązany bezpośrednimi metodami algebraicznymi, gdyż znane są w nim tylko wielkości z_1, z_2, \dots, z_m . Nie wdając się w teorię matematyczną można stwierdzić, że gdy obliczy się macierz współczynników korelacji pierwiastków (cech) między sobą, uzyskuje się szansę określenia liczbowych wartości współczynników $a_{11}, a_{12}, a_{13}, \dots; a_{21}, a_{22}, a_{23}, \dots; a_{m1}, a_{m2}, a_{m3}, \dots$. Mając liczbowe oznaczenia tych współczynników (wartości te są obliczone przy pomocy programu komputerowego) zestawia się je następująco:

Cechy	Czynniki		
	F_1	F_2	F_3
z_1	a_{11}	a_{12}	a_{13}
z_2	a_{21}	a_{22}	a_{23}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
z_m	a_{m1}	a_{m2}	a_{m3}

Przykładem mogą tu być tabele 2, 3. Są one podstawą do rozszyfrowania struktury czynników F_1, F_2, \dots . Rozszyfrowanie to wykonuje się według prostej reguły: czynnik F_1 obejmuje takie procesy geologiczne, które spowodowały duże (w sensie bezwzględny) wartości współczynników a umieszczonych w pierwszej kolumnie tabeli. Analogiczne jest rozumowanie dla czynników pozostałych.

Na podstawie współczynników a zwanych ładunkami ustala się strukturę czynnika F , którą mogą wyjaśnić pojęcia geologiczne. Jedno-

cześniej dla każdego z czynników oblicza się tzw. procent zmienności wspólnej, czyli procent zmienności jaki przypada na dany czynnik. Procent ten określa „intensywność” czynnika (procesu) w tworzeniu badanej masy skalnej. Rozszyfrowanie struktury czynników F_1 , F_2 , ... oraz analiza stopnia ich intensywności mogą być wykonane tylko przez geologa. Jeżeli interpretacja taka nie jest możliwa do wykonania, świadczy to albo o niereprezentatywnym zbiorze danych, albo o niespełnieniu liniowości związków pomiędzy zmiennymi z , a i F w równaniach [1].

WYNIKI BADAŃ I INTERPRETACJA CZYNNIKÓW

Analizę czynnikową (sposób R) wykonano dla danych geochemicznych z całego profilu cechsztynu, traktując je jako jeden zbiór, oraz dla trzech przedziałów tego profilu — odpowiadających poszczególnym poziomom skalnym — analizując każdy z nich jako odrębny zbiór.

Dla każdego zbioru danych jak również dla całej macierzy sporządzono tabelę z wartościami współczynników korelacji (tab. 1), średnich arytmetycznych i odchyłeń standardowych oraz z danymi liczbowymi dla czynników, których procent zmienności wspólnej przekracza 7 (tab. 2—5).

Czynniki zbioru A wyliczone dla wszystkich poziomów węglanowych cechsztynu łącznie przedstawiono w tab. 2. Analiza czynnikowa danych geochemicznych wykazała, że w procesie depozycyjnym skał węglanowych działały trzy czynniki, które są odpowiedzialne za zmienność tych utworów. Statystycznie dominujący jest czynnik F_1 , obejmujący grupę pierwiastków o wysokich ładunkach dodatnich, tj.: Cu, Ni, V, Cr, Ti, Fe i Ba, których koncentrację kontroluje składnik terygeniczny osadów — minerały ilaste i detrytyczne. Akumulacja V, Ni i Cu zachodzi głównie na drodze sorpcji; dochodzi tu także czynnik organogeniczny, tak że pierwiastki te związane są raczej z czynnikiem geochemicznym niż mineralogicznym. W czynniku F_2 wyodrębniły się tylko dwa pierwiastki: Sr i Mn. Fakt wydzielenia się tych pierwiastków w jednym czynniku jest funkcją ich pochodzenia. Zarówno Sr, jak i Mn są silnie związane z fazą węglanową, w której uczestniczą bądź to w postaci izomorficznej domieszki w sieci krystalicznej kalcytu i dolomitu, bądź też współwytrącając się chemicznie w postaci $MnCO_3$ (rodochrozyt) i $SrSO_4$ (celestyn). Czynnikiem F_2 można określić jako kontrolujący chemiczne procesy sedymentacyjne. W skład czynnika F_3 wchodzi tylko fluor. Należy on do grupy pierwiastków chemogenicznych i organogenicznych. Wysoki dodatni ładunek tego pierwiastka i jego wydzielenie się w odrębnym czynniku sugerują, że działał jeszcze jeden proces, który spowodował, że koncentracja jego związana jest nie z fazą węglanową, lecz z inną fazą sedymentacji chemicznej, przypuszczalnie siarczanową. Procent zmienności wspólnej wynosi dla F_1 — 40,17, dla F_2 — 17 i dla F_3 — 9,81. Dane te określają wzajemne relacje procesów. Czterdzieści procent zmienności wspólnej z powodu czynnika terygenicznego wskazuje, że zmienność budowy warstw dolomitów była spowodowana 2,5 razy bardziej fizycznymi procesami sedymentacyjnymi (np. pochodzeniem materiału terygenicznego) aniżeli

Tabela 1

Współczynniki korelacji pierwiastków w utworach węglanowych cechsztynu z otworu wiertniczego Grzybica IG-1

Pierwiastki	Cu	Pb	Ni	V	Cr	Ba	Sr	Ti	Mn	Fe	F
Cu	1	0,242	0,743	0,473	0,490	0,231	-0,245	0,399	0,0245	0,591	-0,066
Pb	0,242	1	0,354	0,378	0,127	0,143	-0,412	0,101	0,291	0,352	-0,152
Ni	0,743	0,354	1	0,444	0,508	0,264	-0,237	0,383	0,085	0,721	0,083
V	0,473	0,378	0,444	1	0,871	0,523	-0,046	0,693	-0,02	0,708	-0,1
Cr	0,490	0,127	0,508	0,871	1	0,418	0,043	0,68	-0,065	0,704	-0,0405
Ba	0,231	0,143	0,264	0,523	0,418	1	-0,056	0,329	-0,022	0,544	-0,056
Sr	-0,245	-0,412	-0,237	-0,046	0,043	-0,056	1	0,0006	-0,383	-0,072	0,194
Ti	0,399	0,101	0,383	0,693	0,680	0,329	0,006	1	-0,149	0,452	-0,104
Mn	0,0245	0,291	0,085	-0,02	-0,065	-0,022	-0,383	-0,149	1	0,129	-0,224
Fe	0,591	0,352	0,721	0,708	0,704	0,544	-0,072	0,452	0,129	1	0,058
F	-0,066	-0,152	0,083	-0,1	-0,0405	-0,056	0,194	-0,140	-0,224	-0,058	1

Tabela 2

Czynniki dla wszystkich poziomów węglanowych
cechsztynu (zbiór A)

Pierwiastki	F_1	F_2	F_3
Cu	<u>0,7275</u>	-0,1218	0,1186
Pb	<u>0,4275</u>	-0,5933	0,0940
Ni	<u>0,7634</u>	-0,1459	0,3557
V	<u>0,8784</u>	0,1573	-0,1822
Cr	<u>0,8449</u>	0,2972	-0,1314
Ba	<u>0,5748</u>	0,1288	-0,0570
Sr	<u>0,1977</u>	0,7608	0,0487
Ti	<u>0,7004</u>	0,3018	-0,3476
Mn	<u>0,0569</u>	-0,7299	0,0770
Fe	<u>0,8762</u>	0,0133	0,253
F	-0,0820	0,3841	0,8267
Procent zmienności wspólnej			
	40,17	17	9,81

Uwaga: liczby podkreślone linią ciągłą oznaczają wartości decydujące o strukturze danego czynnika.

procesami chemicznymi związanymi z fazą węglanową i 4 razy bardziej niż czynnikiem związanym z fazą siarczanową, który spowodował współwytrącanie się fluoru w tych osadach.

Analiza czynnikowa pozwoliła wydzielić 3 grupy procesów, związanych z: 1 — udziałem składnika terygenicznego; 2 — fazą węglanową; 3 — fazą siarczanową, a ponadto ocenić wzajemne relacje tych procesów. Działalność tych procesów spowodowała odstępstwa od modelowego składu osadu węglanowego. Za 40% odstępstw odpowiedzialny jest czynnik F_1 , za 17% — czynnik F_2 , a za około 10% — czynnik F_3 . Tak przedstawia się sytuacja w całym profilu cechsztynu, o którym z góry wiemy, że poszczególne jego części powstawały w nieco odmiennych warunkach, co powinno znaleźć wyraz w zmianach udziału tych procesów względem siebie, a być może, w ujawnieniu jeszcze nowych grup procesów.

Zbiór 1 reprezentuje zespół cech charakteryzujących poziom wapienia cechsztyńskiego. Analiza czynnikowa danych chemicznych dla tego przedziału wykazała, że 72% zmienności może być wyjaśnione przez trzy czynniki (tab. 3). W czynniku F_1 wysokie dodatnie ładunki wykazują pierwiastki: Cu, Pb, Ni, V i Fe, które są szczególnie podatne na adsorbację przez substancje ilaste i bitumiczne, a zatem dominujący jest tutaj czynnik ilasty i biogeniczny. Rozkład Sr nie jest jednoznaczny, co znajduje swój wyraz w postaci wyraźnych ładunków w czynniku F_1 i F_3 . Udział Sr w czynniku F_1 może mieć również związek z właściwościami sorpcyjnymi czynnika ilastego i biogenicznego, chociaż fakt jego powtórnego pojawienia się w czynniku F_3 dowodzi, że koncentracja tego pierwiastka w osadach ma związek również z innymi procesami.

Tabela 3

Czynniki dla poziomu wapienia cechsztyńskiego (zbiór 1)

Pierwiastki	F_1	F_2	F_3
Cu	<u>0,7621</u>	0,0129	-0,0628
Pb	<u>0,8179</u>	0,1209	-0,2533
Ni	<u>0,9171</u>	0,0515	-0,3205
V	<u>0,8669</u>	-0,2932	0,1849
Cr	<u>0,5215</u>	-0,4985	0,1940
Ba	<u>0,3654</u>	0,1704	0,6806
Sr	-0,6978	-0,1000	<u>0,4828</u>
Ti	<u>0,2503</u>	-0,7479	0,0012
Mn	0,0937	<u>0,6072</u>	-0,5834
Fe	<u>0,8373</u>	0,3674	0,0790
F	<u>0,1827</u>	0,6110	<u>0,5452</u>
Procent zmienności wspólnej			
	41,28	16,50	13,47

Uwaga: liczby podkreślone linią ciągłą oznaczają wartości decydujące o strukturze danego czynnika, liczby podkreślone linią przerywaną oznaczają wartości występujące w dwóch czynnikach; dotyczy tabel 3—5.

Tabela 4

Czynniki dla poziomu dolomitu głównego (zbiór 2)

Pierwiastki	F_1	F_2	F_3	F_4
Cu	0,3934	-0,4975	0,2745	0,2176
Pb	-0,1532	0,2697	0,0830	<u>0,9238</u>
Ni	<u>0,9289</u>	0,1849	-0,0751	0,1089
V	<u>0,9060</u>	-0,0071	-0,0594	-0,0288
Cr	<u>0,8154</u>	-0,0860	0,1336	-0,1182
Ba	<u>0,8405</u>	0,0028	-0,0713	0,2305
Sr	-0,3550	<u>0,7346</u>	-0,0938	0,0297
Ti	<u>0,9494</u>	0,0104	-0,0101	-0,0390
Mn	-0,0851	-0,1028	<u>0,8880</u>	-0,2530
Fe	<u>0,5000</u>	<u>0,6572</u>	0,2062	-0,1606
F	<u>0,0684</u>	<u>0,7733</u>	0,2132	-0,1472
Procent zmienności wspólnej				
	41,12	17	10	10

W czynniku F_2 wysoką wartość ładunku wykazuje jedynie Ti. Skoncentrowany jest on głównie we frakcji detrytycznej, podobnie jak Cr, który wykazuje i w tym czynniku niewysoki, ale jeszcze znaczący ładunek. Pośrednie ładunki charakteryzują Mn i F — pierwiastki chemogeniczne związane z fazą węglanową, w której mogą uczestniczyć w strukturach minerałów wapnia. Nieco niższe, ale jeszcze wyraźne ładunki wykazują Mn i F w czynniku F_3 obejmującym również Ba i Sr. O ile Mn, F i Sr można określić jako pierwiastki kontrolujące procesy chemiczne i biogeniczne, to udział Ba związany jest z innymi procesami. Zwykle pierwiastek ten pojawia się w asocjacji pierwiastków kontrolujących fizyczne procesy sedymentacyjne. Obecność Ba w asocjacji pierwiastków związanych z procesami chemicznymi można uzasadnić jedynie możliwością jego występowania w fazie siarczanowej. Fakt powtarzania się tych samych czynników w dwóch procesach w podobnych relacjach świadczy o zbliżonym natężeniu tych procesów.

Procent zmienności wspólnej określa wzajemne relacje tych trzech procesów. Dominuje czynnik ilasty, w mniejszym zakresie występuje odmienny czynnik detrytyczny i w tym samym zakresie zmienność w osadach powoduje czynnik chemiczny związany z fazą węglanową w F_2 i siarczanową w F_3 .

Analiza czynnikowa danych chemicznych dla zbioru 2, reprezentującego poziom dolomitu głównego, wykazała, że prawie 80% zmienności może być tłumaczone przez 4 czynniki (tab. 4), z których każdy wyjaśnia 10% lub więcej zróżnicowania danych. Statystycznie dominujący jest czynnik F_1 z bardzo wysokimi dodatnimi ładunkami pierwiastków Ni, V, Ti, Cr i Ba, które swoją obecność w osadach i w tym przypadku zawdzięczają głównie składnikom terygenicznym: minerałom ilastym i detrytycznym, przy czym udział tych ostatnich z uwagi na wysokie ładunki Ti, Ba i Cr był przypuszczalnie znaczny. Dodatnio naładowane Ni i V są szczególnie podatne na adsorpcję przez ility, a wysoki ładunek Ba może być również odbiciem zdolności podstawiania K przez ten pierwiastek w takich minerałach, jak illit i skalenie potasowe. Ba w przeważającej ilości, podobnie jak Ti i Cr, jest skoncentrowany we frakcji detrytycznej i może być kontrolowany przez frakcję ciężką. W czynniku F_2 pozytywne wartości R uzyskano dla Sr i F, związanych z procesami chemicznymi, głównie z fazą siarczanową. Wydzielenie się tych dwóch pierwiastków w jednym czynniku dowodzi działania jednego procesu, który spowodował zmienność w osadach węglanowych, związaną z udziałem fazy siarczanowej. W przedziale tym obserwuje się duże zróżnicowanie koncentracji Sr i F, co może mieć związek z procesami rekrytalizacji i anhydryzacji tych utworów.

Fakt wystąpienia Mn w odrębnym czynniku F_3 potwierdza sugestie dotyczące przemian w tych osadach. Mn w czynniku F_3 związany jest z fazą węglanową, w której uczestniczy w strukturach minerałów wapnia i jest raczej przez autigenezę czynnikiem geochemicznym. Niejasny jest związek Fe z Sr i F w czynniku F_2 . W pozostałych zbiorach Fe występuje zawsze w asocjacji z Ni, V, Cr, Ba i Ti, tj. pierwiastkami związanymi z frakcją detrytyczną i ilastą. Jego udział w czynniku F_2 można interpretować jedynie procesem, który spowodował uruchomienie pewnych ilości tlenku żelaza i, być może, przyczynił się do wtórnej jego minerali-

zacji. Czynniki F_4 reprezentuje tylko jeden pierwiastek — Pb. Wydzielenie się jego w odrębnym czynniku świadczy o innej formie jego występowania w osadach zbioru 2 niż w omawianych poprzednio. Nie jest wykluczone, że pierwiastek ten występuje w asocjacji z S w postaci galeny w partiach osadu, w których lokalnie zaznaczyły się warunki redukcyjne.

Procent zmienności wspólnej świadczy, że za zmienność w osadach omawianego przedziału w pierwszym rzędzie odpowiedzialny jest czynnik F_1 (terygeniczny — ilasty i detrytyczny), mniejszy ale dość znaczny jest udział (17⁰/o) czynnika chemicznego związanego z fazą siarczanową, a za około 20⁰/o zmian odpowiedzialne są pozostałe dwa czynniki związane również z procesami chemicznymi.

Analiza porównawcza zbioru 1 i 2 pozwoliła zarejestrować następujące fakty różniące te zbiory:

1. Powtarzanie się cech w różnych czynnikach w zbiorze 1 i nie powtarzanie się ich w zbiorze 2.

2. Wydzielenie się Pb jako odrębnego czynnika w zbiorze 2.

3. Różny skład cech w poszczególnych czynnikach.

Problem interpretacji tych faktów jest dość złożony, gdyż wiąże się z warunkami fizyczno-chemicznymi, które decydowały zarówno o rozkładzie pierwiastków w osadach, jak i o ich wybitnej zmienności w czasie. Miarą złożoności procesów osadotwórczych jest fakt powtarzania się cech w różnych czynnikach jednego zbioru, co może świadczyć o odmiennych formach występowania pierwiastków w danym przedziale głębokości. Podobne występowanie Cr w czynniku F_1 i F_2 zbioru 1 i Ti w czynniku F_2 tego zbioru sugeruje współistnienie procesów fizycznych i chemicznych w jednym akcie osadotwórczym.

Analiza czynnikowa danych chemicznych dla zbioru 3, reprezentującego poziom dolomitu płytowego (tab. 5), wykazała, że prawie 94⁰/o zmienności może być wyjaśnione przez 4 czynniki.

Udział czynnika terygenicznego jest bardzo znaczny (48,51⁰/o zmienności wspólnej) i wykazuje prawie tę samą asocjację pierwiastków (V, Cr, Ba, Ti i Fe) co w poprzednio omawianych zbiorach. Pierwiastki te mają bardzo wysokie ładunki dodatnie i występują tylko w jednym czynniku. Nowością jest pojawienie się pierwiastków Ni i Cu w czynniku F_2 wspólnie z Sr i Mn, które są związane z fazą węglanową. Ni i Cu kumulują nie głównie na drodze sorpcji; w tym jednak przypadku koncentracja ich jest związana przypuszczalnie ze składnikami biogenicznymi.

Koncentracja bentonicznej substancji organicznej i związanych z nią pierwiastków organofilnych, do których zaliczyć należy Ni, Cu i Mo, jest uważana za zjawisko normalne dla płytkowodnego środowiska typu lagunowego.

W czynniku F_3 występuje praktycznie tylko jeden pierwiastek związany z fazą siarczanową (fluor), której udział jest w tych osadach podrzędny w stosunku do czynnika ilastego i węglanowego (13⁰/o zmienności wspólnej). W zbiorze 2 udział czynnika siarczanowego przeważa nad węglanowym. W czynniku F_4 podobnie jak w zbiorze 2 występuje tylko Pb, którego udział i w tym przypadku może odzwierciedlać proces wywołujący lokalne wahania w potencjale oksydacyjno-redukcyjnym, przy czym jest on w obu zbiorach taki sam i wynosi 10⁰/o zmienności wspólnej.

Tabela 5

Czynniki dla poziomu dolomitu płytowego (zbiór 3)

Pierwiastki	F_1	F_2	F_3	F_4
Cu	0,5584	0,6888	-0,2912	0,2569
Pb	-0,3631	-0,1910	0,1120	0,8924
Ni	0,2536	0,8823	-0,2480	0,1082
V	0,9321	-0,1795	0,2703	0,0889
Cr	0,9749	-0,0569	0,1851	-0,0028
Ba	0,9168	-0,1052	0,3543	-0,0125
Sr	0,3080	-0,6929	-0,5355	-0,2352
Ti	0,9186	-0,0169	0,0851	0,1078
Mn	-0,3431	0,7484	0,3474	-0,3422
Fe	0,9280	0,0678	0,1230	-0,1363
F	-0,5002	-0,1282	0,7976	-0,1335
Procent zmienności wspólnej				
	48,51	22	13	10

WNIOSKI

Próba zastosowania metody matematycznej do interpretacji danych geochemicznych pozwoliła na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. Analiza czynnikowa wykazała, że różnice danych geochemicznych dla jednego typu osadu mogą być wyjaśnione przez niewielką ilość czynników.

2. Asocjacje pierwiastków — cech — są kontrolowane przez wpływy pochodzenia mineralnego, fizyczne i chemiczne procesy sedimentacji i pokrewieństwo geochemiczne między pierwiastkami.

3. W analizowanym przypadku prawie 80% i więcej zmienności w osadach może być wyjaśnione przez 4 czynniki, tj.: minerały ilaste i detrytyczne (kontrolujące składnik terygeniczny w osadach), fazę węglanową, fazę siarczanową i czynnik biogeniczny. Wykazano przewagę wpływu czynnika terygenicznego na zmienność osadów nad czynnikami spowodowanymi procesami chemicznymi i biogenicznymi.

4. Analiza czynnikowa może być metodą badawczą stosowaną przy rozpatrywaniu genezy utworów, jeśli dla masy skalnej lub przestrzeni geologicznej ustali się cechy, które mogą wyjaśnić tę genezę, i jeśli cechy te grupują się w czynniki.

PIŚMIENNICTWO

- CZAJOR E. (1972) — Opracowanie mikrofacjalne skał węglanowych cechsztyну w strefie Koszalina — Chojnic. Arch. Inst. Geol. Warszawa
- WAŻNY T. (1967) — Pierwiastki śladowe w cechsztyynie Polski zachodniej. Biul. Inst. Geol., 213, p. 5—83. Warszawa.
- WIATR I., STENZEL P. (1973) — Analiza czynnikowa — sposób R. Prz. geol., 21, p. 24—29, nr 1. Warszawa.

Халина ВАЖНЫ, Пжемыслав СТЕНЦЕЛЬ

ГЕОХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЦЕХШТЕЙНА
В БУРОВОЙ СКВАЖИНЕ ГЖИВНИЦА ИГ-1 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА — СПОСОБ R

Резюме

В работе представлены предварительные результаты применения математического метода, названного факторным анализом (способ R) для интерпретации геохимических данных. Факторный анализ является одним из статистико-математических методов, позволяющих установить предполагаемые метачерты, называемые факторами. Эти факторы с одной стороны могут характеризовать структуру среды в аспекте ее генезиса, а с другой — служат для установления причин изменчивости среды. В основе этого метода лежит принцип наличия линейной связи между характерными чертами и факторами. В рассматриваемом случае характерными чертами являлись элементы, среди которых выделено две группы: Cr, Ba, V, Ni, Pb, Ti, Fe а также Mn, Sr, F, Cu. Первая группа связана с содержащейся в отложениях глинистой и обломочной фракцией, являющейся преобладающей составной частью терригенных отложений, а вторая — с процессом химического выпадения осадка. Некоторая часть этих элементов биогенного происхождения.

Целью применения математического анализа для геохимической интерпретации являлась проверка, действительно ли изучаемые элементы генетически связаны и можно ли их сгруппировать в две или более группы, а также оценка того, в каких ассоциациях встречаются эти элементы во всем исследуемом интервале и в каких отдельных седиментационных горизонтах.

Факторный анализ произведен по геохимическим данным всего разреза цехштейна, принимая их за единое множество данных, а также для трех седиментационных горизонтов, анализируя каждый из них как отдельное множество. Математический анализ показал, что разница химических данных для одного типа осадка может быть выяснена небольшим числом факторов. Ассоциации элементов — черт контролируются влияниями минерального происхождения, а также физическими и химическими процессами седиментации и геохимическим родством элементов. Установлено, что на изменчивость отложений большое влияние оказывает терригенный фактор, а также факторы, вызванные химическими и биогенными процессами.

Halina WAŻNY, Przemysław STENZEL

**AN INTERPRETATION OF GEOCHEMICAL DATA CONCERNING CARBONATE
ZECHSTEIN DEPOSITS FROM BOREHOLE GRZYBNICA IG 1 BY MEANS
OF FACTOR ANALYSIS — R MODE**

S u m m a r y

The authors present preliminary results obtained in the interpretation of geochemical data by means of a mathematical method, known as factor analysis (R mode). This is one of those mathematical-statistical methods which allow us to determine certain hypothetical concepts referred to as factors. On the one hand, these factors may throw some light on the origin of a given environment; on the other, they may indicate the causes which lead to changes within this environment. The method concerned is based on an assumption that there is a linear function between certain characteristics and these factors. In the study described here, the characteristics were the following elements, subdivided into two groups: Cr, Ba, V, Ni, Pb, Ti, Fe and Mn, Sr, F, Cu. The first group is connected with the clayey and detrital fraction in the deposits, which represents mainly the terrigenous components of these deposits; the second group is connected with the chemical precipitation of the deposits. A certain part of the concentration of these elements is of biogenic origin.

The authors used this mathematical analysis for an interpretation of chemical data to check whether the elements examined here are really genetically connected and can be subdivided into two or more groups and to determine in which associations they occur in the whole interval concerned and in which associations they are found in the particular sedimentation horizons.

The factor analysis was applied here to geochemical data from the whole Zechstein column, treated as one class of data, and to geochemical data from three sedimentation horizons, analysed as three separate classes of data. The analysis shows that differences in the chemical composition of one type of deposits can be explained as due to a few factors. The associations of characteristics (elements) investigated here are controlled by influences of mineral origin, physical and chemical processes, and geochemical relationship between the particular elements. The authors find that changes taking place within the deposits are influenced more by the terrigenous factor than those factors which are due to chemical and biogenic processes.