

Elżbieta CZAJOR, Jan CZERMIŃSKI

## Częstość pierwiastków głównych w skałach osadowych Polski (bez Karpat)

W związku z zapowiedzianym opracowaniem (J. Czermiński, 1962) przedstawiamy dane ilustrujące częstość pierwiastków głównych w skałach osadowych na obszarze całej Polski z wyjątkiem Karpat.

W opracowaniu wykorzystano analizy chemiczne opublikowane, a także zawarte w materiałach archiwalnych — ogółem w liczbie 16 450. Analizy te pochodzą z opracowań stanowiących zbiory analiz chemicznych skał (J. Czermiński, M. Harapińska-Depciuch, M. Juskowiak, I. Kardymowiczowa, W. Ryka, T. Wieser, J. Sznajder, 1959; M. Juskowiakowa, O. Juskowiak, W. Ryka, J. Sznajder, 1961; J. Ryka, W. Ryka, 1966) oraz z licznych opracowań archiwalnych, dla których wykonano analizy chemiczne w różnych laboratoriach, szczególnie byłego Przedsiębiorstwa Geologicznego Surowców Skalnych w Krakowie, Przedsiębiorstwa Geologicznego w Krakowie, byłego Przedsiębiorstwa Geologicznego Materiałów Ogniotrwałych w Gliwicach, Akademii Górniczo-Hutniczej, Instytutu Geologicznego w Warszawie, oddziałów zamiejscowych Instytutu Geologicznego we Wrocławiu i Sosnowcu, byłego Przedsiębiorstwa Robót Geologicznych w Warszawie i Przedsiębiorstwa Geologicznego w Warszawie.

W opracowaniu uwzględniono tylko te analizy, które zawierały co najmniej 7 oznaczonych składników i w których suma nie była niższa od 98,5%.

Materiały, które mieliśmy do dyspozycji, pozwalają na rozpatrzenie następujących pierwiastków: O, Si, Al, K, Na, Fe, Ca, Mg, Ti, P, Mn, S, C, H, Cl.

Wyrażamy podziękowanie wszystkim, którzy udostępnili materiały nie publikowane.

### METODA PRACY I JEJ UZASADNIENIE

Dysponując obliczeniem objętości i masy skał w seriach osadowych Polski (J. Czermiński, 1962), po niewielkiej aktualizacji tych wielkości dokonanej w oparciu o wyniki badań z ostatnich lat, traktowaliśmy masę skał jako punkt wyjściowy do obliczeń. Obliczenia częstości pierwiastków wykonaliśmy w sposób następujący:

1. Wydzielono 4 typy litologiczne skał: okruchowe i ilaste, węglanowe, krzemionkowe i ewaporaty. Przyjęte wydzielenia ułatwiły korzystanie z Atlasu Geologicznego Polski, z którego brano zasięgi poszczególnych typów facjalnych i litologicznych.

Skały okruchowe i ilaste, według pierwotnego zamiaru miały być potraktowane jako dwa osobne wydzielenia. Mając jednak na względzie ścisły związek obu typów litologicznych w profilach geologicznych i na przemianległość ich występowania, np. w kambrze, w dewonie dolnym, w karbonie, w triasie dolnym, w liasie i in., postanowiliśmy rozpatrywać je łącznie jako nierozzerwalne fragmenty wielu profili litologicznych.

Niewątpliwą trudność w zaklasyfikowaniu do wydzielonych typów stanowią margle. Zostały one w całości włączone do skał węglanowych.

2. Na podstawie dostępnych analiz chemicznych obliczono średni skład chemiczny wymienionych wyżej czterech typów litologicznych w obrębie wszystkich systemów — od kambru do trzeciorzędu. Liczba analiz dotycząca wydzielonych typów litologicznych w obrębie poszczególnych systemów jest, niestety, nierównomierna. W związku z tym stopień dokładności wyników jest różny.

Tabela 1

Udział procentowy typów litologicznych w wydzielonych cyklach

Cykl	Okruchowe i ilaste	Węglanowe	Krzemionkowe	Ewaporacyjne
I — kambryjsko-ordowicko-sylurski	92,91	6,97	0,12	—
II — dewońsko-karbońsko-dolnopermijski	76,65	23,35	—	—
III — cechsztyńsko-mezozoicznotrzeciorzędowy	58,20	23,02	0,82	17,96

3. Częstości pierwiastków w wymienionych typach litologicznych (w poszczególnych systemach) uzyskane w wyniku obliczeń połączone w cykle odpowiadające pełnym okresom rozwoju geosynklinalnego, tj. kaledońskiemu, waryscyjskiemu i alpejskiemu. Duże obszary kraju w czasie rozwoju tych geosynklin znajdowały się jednak poza ich zasięgiem. Tym niemniej okresy fałdowań stanowiące końcowe etapy rozwoju geosynklin zaznaczyły się na całym obszarze Polski, również w zasięgu platformy, w postaci ruchów synorogenicznych, wynurzeń, przerw sedimentacyjnych i intensywnych procesów wietrzenia oraz erozji. W związku z tym podział na wspomniane wyżej cykle uważamy za uzasadniony dla całego obszaru Polski. Aby nie określać zjawisk odnoszących się również dla obszaru platformy terminami przyjętymi dla obszarów geosynklinalnych, zastosowaliśmy więc terminy obejmujące przedziały stratygraficzne (tab. 1—3): cykl I — kambryjsko-ordowicko-sylurski, w którym mieści się 31,23% masy skał osadowych, cykl III — dewońsko-kar-

Tabela 2

## Częstości pierwiastków w poszczególnych cyklach w różnych typach skał

Cykl	Typy skał	Częstość pierwiastków w % wag.															
		O	Si	Al	K	Na	Fe	Ca	Mg	Ti	P	Mn	S	C	H	Cl	Suma
I — kambryjsko-ordowicko-sylurski	okruchowe i ilaste	48,75	28,49	8,85	2,42	0,89	3,66	2,26	1,86	0,41	0,07	0,07	0,14	1,43	0,12	—	99,42
	węglanowe	48,34	2,64	1,36	—	—	1,15	29,13	5,96	0,17	0,05	0,16	0,12	10,20	—	—	99,28
	krzemionkowe	52,53	44,52	0,69	—	0,08	0,47	1,68	0,22	0,08	0,01	—	0,01	—	—	—	99,29
II — dewońsko-karbońsko-dolno-permski	okruchowe i ilaste	50,88	27,21	10,07	1,49	0,43	4,64	1,42	0,97	0,29	0,37	0,05	0,15	0,87	0,50	—	99,34
	węglanowe	48,52	1,38	0,70	0,11	0,55	0,48	34,21	2,05	0,04	0,06	0,01	0,14	10,96	0,07	—	99,30
III — cech-sztyfisko-mezozoiczno-trzeciorzędowy	okruchowe i ilaste	51,42	30,33	5,78	1,28	0,44	3,10	2,58	0,72	0,60	0,29	0,09	0,15	2,20	0,51	—	99,49
	węglanowe	47,06	2,90	0,95	0,25	0,15	1,32	34,25	1,55	0,09	0,04	0,08	0,18	10,62	0,08	—	99,26
	krzemionkowe	51,01	26,83	2,09	—	—	—	13,60	0,44	—	0,40	—	—	4,61	—	—	98,98
	ewaporacyjne	9,38	1,06	0,33	0,61	30,53	0,13	3,96	0,65	0,01	0,08	—	4,07	0,30	0,16	48,21	99,38

Częstość pierwiastków głównych w skałach osadowych

bońsko-dolnopermński — 33,28% masy skał osadowych, cykl III — cech-sztyńsko-mezozoiczno-trzeciorzędowy — 35,49% masy skał osadowych.

Tak określone cykle obejmują zarówno obszary geosynkinalne, jak i platformowe. W ich obrębie istnieje szereg pięter strukturalnych wyrażających cykliczność podporządkowaną procesom zachodzącym w czasie trwania wydzielonych jednostek.

Ponieważ chodziło nam o uchwycenie generalnych linii rozwoju chemizmu na obszarze Polski, nie braliśmy pod uwagę drobniejszych wydzielen. Procentowy udział poszczególnych typów litologicznych skał w obrębie wydzielonych cykli przedstawia tab. 1, częstości pierwiastków — tab. 2.

4. Częstości pierwiastków charakteryzujące cztery wydzielone typy litologiczne zgrupowano w całych cyklach, co ilustruje tab. 3.

5. W ostatnim stadium przeliczeń zgrupowano wszystkie dane charakteryzujące poszczególne cykle i uzyskano w ten sposób częstość pierwiastków w całym profilu skał osadowych Polski (bez Karpat) — od kambriu po trzeciorząd (tab. 4). Przy obliczaniu częstości pierwiastków w poszczególnych typach litologicznych, w cyklach i w całym profilu skał osadowych uwzględniono proporcjonalnie masy poszczególnych członów wyjściowych (systemu, cyklu, skał danego typu litologicznego), tzn. stosowano zasadę „średniej ważonej”.

Po omówieniu sposobu wykonania obliczeń należy jeszcze wyjaśnić kilka zagadnień:

A. Nieuwzględnienie utworów orogenu karpackiego. Utwory, z których zbudowane są Karpaty w zasięgu Polski stanowią w większości produkt fliszowej sedimentacji, powstały w końcowych etapach rozwoju geosynkliny alpejskiej i ilustrują tylko pewien fragment jej rozwoju. W tej sytuacji w cyklu cechsztyńsko-mezozoiczno-trzeciorzędowym chemizm utworów zbiorników epikontynentalnych oraz zapadliska przedkarpackiego zostałyby wypaczony w wyniku nietypowego fragmentu utworów klastyczno-ilastych Karpat zewnętrznych.

B. Włączenie do ostatniego cyklu utworów neogenu. Odpowiednikiem wiekowym rozwoju geosynkliny alpejskiej jest w zasadzie cykl cechsztyńsko-mezozoiczno-paleogeński, z częściowym uwzględnieniem miocenu. Ponieważ jednak w zapadlisku przedkarpackim, którego powstanie jest ściśle związane z końcowymi fazami orogenezy alpejskiej, występują utwory miocenu do sarmatu włącznie, uważamy, że ten odcinek profilu stratygraficznego, a także jego odpowiedniki wiekowe neogenu kontynentalnego należy łączyć z ostatnim cyklem. W tej sytuacji przeprowadzenie granicy w stropie trzeciorzędu jest umowne. Być może, że słuszniejsze byłoby umieszczenie jej w spągu pliocenu lub w górnym miocenie. Z kolei jednak wiadomo, że pliocen w całym cyklu cechsztyńsko-mezozoiczno-trzeciorzędowym odgrywa niewielką rolę i w związku z tym nie wpływa w bardziej istotny sposób na ostateczne wyniki.

C. Stosunek mas skalnych wydzielonych trzech cykli (tab. 1), wyrażony kolejno udziałem procentowym: I — 31,23%, II — 33,28%, III — 35,49%, dotyczy szacunku utworów zachowanych obecnie. Nie ulega wątpliwości, że masa utworów cyklu kambryjsko-ordowicko-sylurskiego była pierwotnie najwyższa, na drugim miejscu należałoby zapewne

umieścić masę utworów cyklu dewońsko-karbońsko-dolnopermkiego i wreszcie na trzecim — masę utworów ostatniego cyklu, którego masa ma obecnie pozycję dominującą ze względu na najmniejszy stopień usunięcia jego utworów przez czynniki erozyjne.

### OMÓWIENIE WYNIKÓW I WNIOSKI

Przeliczenie materiału analitycznego dotyczącego chemizmu skał osadowych w Polsce dało obraz częstości pierwiastków głównych tych skał. W związku z tym dla zilustrowania tego zjawiska i wykazania dynamizmu procesów, które doprowadziły do różnych częstości pierwiastków głównych w poszczególnych cyklach, wyniki obliczeń przedstawiono na wykresach kołowych (fig. 1—3). W celu porównania częstości wszystkich rozpatrywanych pierwiastków w seriach osadowych Polski przedstawiono również dane uzyskane przez A. P. Winogradowa (1962) dla skał kwaśnych — granitów, granitoidów i in. Zakładamy bowiem, że skały kwaśne, będące najbardziej typowym składnikiem skorupy ziemskiej, mogą stanowić punkt wyjściowy dla ewolucji utworów hipergeicznych.

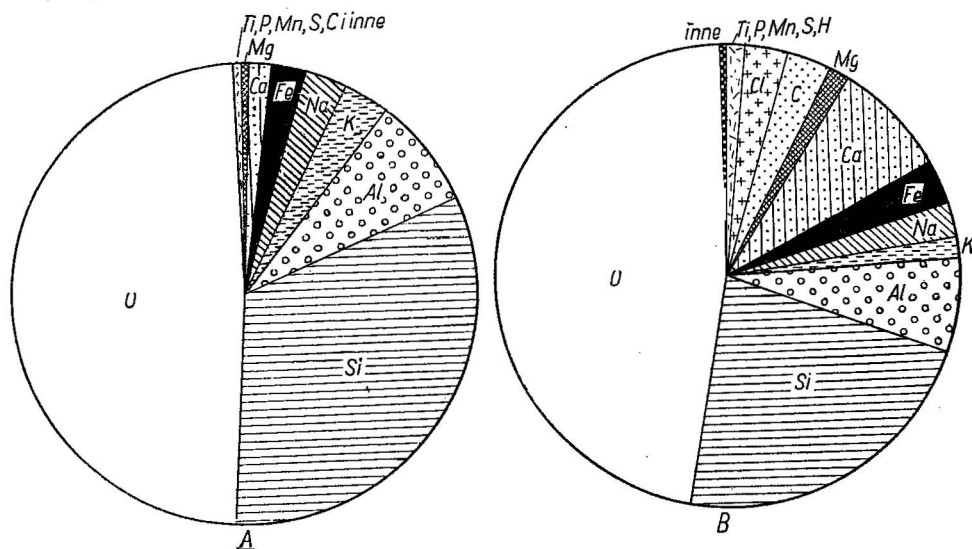


Fig. 1. Porównanie graficzne wagowych częstości pierwiastków kwaśnych skał magmowych w skorupie ziemskiej i skał osadowych Polski

Graphical comparison of weight frequency of elements in acid magmatic rocks of earth mantle and in sedimentary rocks of Poland

A — skały kwaśne: granity, granitoidy i inne w skorupie ziemskiej według A. P. Winogradowa; B — skały osadowe w Polsce (bez Karpat)

A — acid rocks: granites, granitoidites and others in the earth mantle, according to A. P. Vinogradov; B — sedimentary rocks in Poland (except for Carpathians)

Porównanie częstości pierwiastków serii osadowych, występujących w poszczególnych cyklach rozwojowych skorupy ziemskiej, z granitoidami i innymi skałami kwaśnymi, doprowadza do ciekawych wniosków

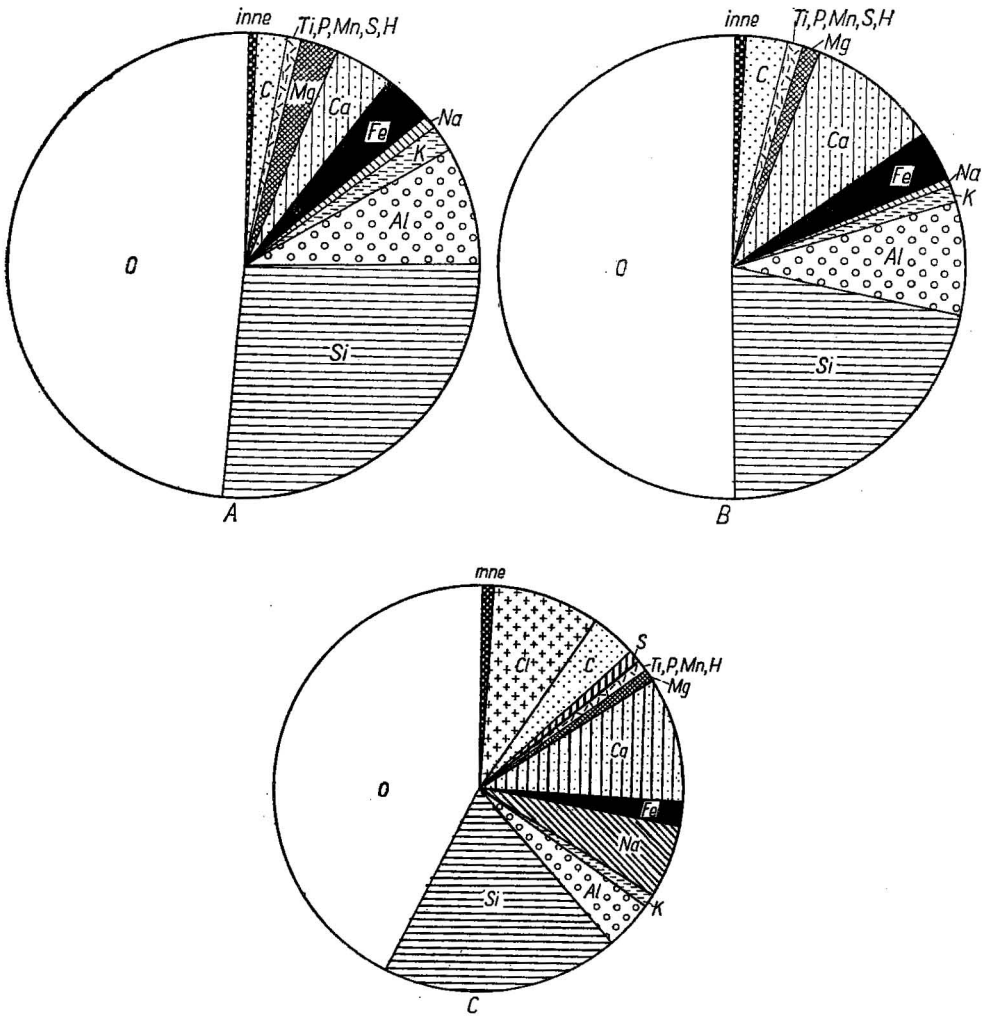


Fig. 2. Porównanie graficzne wagowych częstości pierwiastków skał osadowych Polski (bez Karpat)

Graphical comparison of weight frequency of elements in sedimentary rocks of Poland (except for Carpathians)

A — w skałach I cyklu (kambryjsko-ordowicko-sylurskiego); B — w skałach II cyklu (dewońsko-karbońsko-dolnopermjskiego); C — w skałach III cyklu (cechsztyńsko-mezozoicznie-trzeciorzędowego)

A — in rocks of the I (Cambrian-Ordovician-Silurian) cycle; B — in rocks of the II (Devonian-Carboniferous-Lower Permian) cycle; C — in rocks of the III (Zechstein-Mesozoic-Tertiary) cycle

ilustrujących tendencje wzrostu bądź też spadku koncentracji niektórych pierwiastków na przestrzeni dziejów Ziemi, a także ewolucję warunków sedymentacji, różnej skłonności pierwiastków do redepozycji i in.

Analizując różne częstości w obrębie wydzielonych trzech cykli, należy pamiętać, że obszar Polski na przestrzeni historii Ziemi był zawsze

Częstości pierwiastków w poszczególnych cyklach

Cykl	Częstość pierwiastków w % wag.															
	O	Si	Al	K	Na	Fe	Ca	Mg	Ti	P	Mn	S	C	H	Cl	Suma
I — kambryjsko- -ordowicko- -sylurski	48,72	26,71	8,32	2,25	0,83	3,48	4,13	2,14	0,39	0,06	0,08	0,13	2,03	0,11	—	99,38
II — dewońsko- -karbońsko- -dolnopermijski	50,32	21,18	7,88	1,17	0,46	3,67	9,08	1,22	0,23	0,29	0,04	0,15	3,23	0,40	—	99,32
III — cechsztyńsko- -mezozoiczne- -trzeciorzędowy	42,86	18,73	3,66	0,91	5,77	2,13	10,23	0,90	0,37	0,20	0,06	0,86	3,82	0,34	8,66	99,50

Tabela 4

Zestawienie porównawcze

Nazwa skał	Częstość pierwiastków w % wag.															
	O	Si	Al	K	Na	Fe	Ca	Mg	Ti	P	Mn	S	C	H	Cl	Suma
Skąły kwaśne: gra- nit, granodioryt i in. w skorupie ziemskiej (wg A. P. Winogradowa)	48,7	32,3	7,7	3,34	2,77	2,7	1,58	0,56	0,23	0,07	0,06	0,04	0,03	—	0,02	100,10
Skąły osadowe w Polsce (bez Karpat)	47,17	22,04	6,52	1,42	2,46	3,06	7,94	1,39	0,33	0,19	0,06	0,40	3,06	0,29	3,07	99,40
Skąły okruchowe i ilaste w Polsce (bez Karpat)	50,21	28,56	8,42	1,79	0,61	3,84	2,06	1,24	0,42	0,23	0,07	0,15	1,45	0,36	—	99,41
Skąły węglanowe w skorupie ziem- skiej (wg J. Gre- ena)	49,3	4	1,3	0,16	0,06	1,3	27,2	4,4	0,04	0,11	0,13	0,80	10,1	—	0,03	98,93
Skąły węglanowe w Polsce (bez Karpat)	47,84	2,22	0,89	0,16	0,30	0,94	33,66	2,29	0,08	0,05	0,06	0,16	10,72	0,06	—	99,43

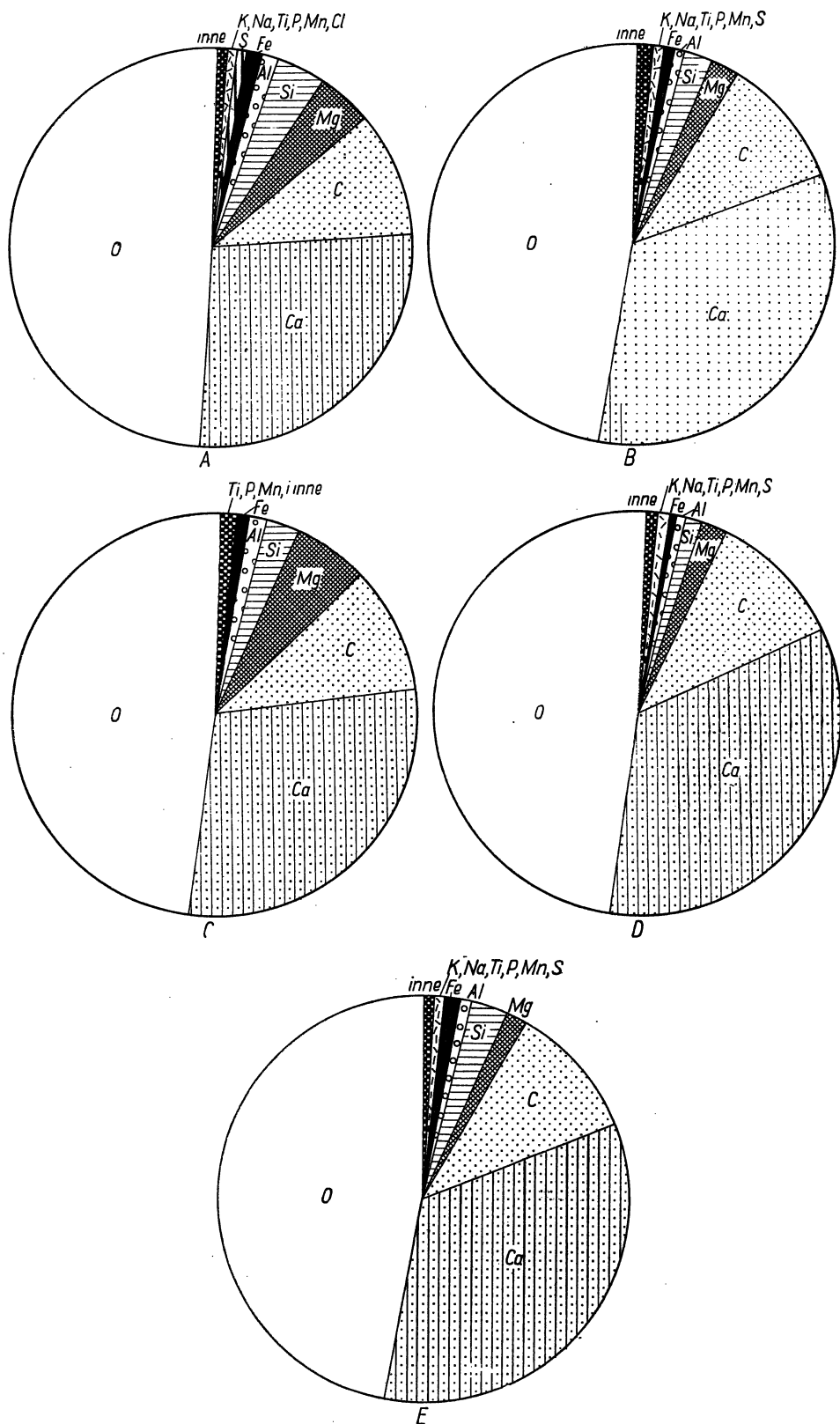


Fig. 3. Porównanie graficzne wagowych częstości pierwiastków w skałach węglanowych

Graphical comparison of weight frequency of elements in carbonate rocks  
 A — w skorupie ziemskiej (według J. Greena); B — w Polsce od kambriu do trzeciorzędu włącznie; C — w Polsce w skałach I cyklu; D — w Polsce w skałach II cyklu; E — w Polsce w skałach III cyklu  
 A — in earth mantle (according to J. Green); B — in Poland from Cambrian to Tertiary inclusive; C — in Poland in rocks of the I cycle; D — in Poland in rocks of the II cycle; E — in Poland in rocks of the III cycle



tylko częścią większego zbiornika sedymentacyjnego. W tych warunkach osady, które utworzyły się w różnych okresach, reprezentują pewne tylko, nie wszystkie i nie zawsze te same fragmenty zbiorników sedymentacyjnych. Korzystny natomiast dla rozpatrywania tego zagadnienia jest fakt, że liczne transgresje wkraczające na nasz obszar od zachodu dochodziły do strefy znajdującej się we wschodniej części obszaru Polski lub niedaleko od jej granic wschodnich, morza zaś niektórych okresów miały wąskie połączenia ze zbiornikami wschodnioeuropejskimi.

Z porównania częstości występowania pierwiastków głównych w seriach osadowych w Polsce z częstościami pierwiastków w magmowych skałach kwaśnych (A. P. Winogradow, 1962) wynika, że w seriach osadowych w Polsce notuje się (fig. 1):

1. Niższą o około 1,5% częstość tlenu, wywołaną wysyceniem dużej ilości sodu jonem chlorowym w ewaporatach, odgrywających poważną rolę w profilu utworów osadowych.

2. Obniżenie częstości krzemu w związku z dużą rolą glinu w skałach ilastych oraz dużym znaczeniem skał węglanowych i ewaporatów, w których krzem występuje podrzędnie,

3. Wyraźne obniżenie częstości potasu, który z badanego obszaru systematycznie był wynoszony. Podobnie zachowywał się sól, którego stosunkowo wysoką częstość zawdzięczamy głównie serii solonośnej cechsztynu.

4. Ogromny, 5-krotny wzrost częstości wapnia, przy 2,5-krotnym tylko wzroście częstości magnezu, związany z szerokim rozwojem serii węglanowych.

5. Pojawienie się wśród pierwiastków głównych takich pierwiastków, jak węgiel, siarka, wodór i chlor, które w kwaśnych skałach magmowych występują podrzędnie lub nawet śladowo. Pierwiastki te osiągnęły swe wysokie częstości dzięki rozwojowi skał ilastych (wodór), skał węglanowych (węgiel) i ewaporatów (siarka i chlor).

Porównując częstości pierwiastków w wydzielonych cyklach (fig. 2), zauważamy sukcesywny spadek wartości krzemu, glinu, potasu i magnezu. Jednocześnie zaznacza się wzrost częstości wapnia, sodu, siarki i węgla, a w III cyklu pojawia się wysoka wartość częstości chloru. Wiąże się to z rozwojem w II i III cyklu ogromnej ilości skał węglanowych (dewon, jura, kreda). Wzrost w III cyklu częstości sodu i siarki oraz pojawienie się w tym cyklu wysokiej częstości chloru wiąże się natomiast z rozwojem produktów ewaporacji, głównie w cechsztywie Niżu Polskiego, podrzędnie w miocenie zapadliska przedkarpackiego oraz w kajprze i malmie na Niżu Polskim. Zmniejszenie się częstości magnezu jest o tyle znamienne, że jednocześnie obserwujemy silny wzrost częstości wapnia. Wiąże się to z malejącym stopniem dolomityzacji wśród coraz młodszych utworów węglanowych. Sprawa ta była przedmiotem specjalnych badań (E. Czajor, J. Czermiński, 1960). Z biegiem czasu zauważa się rosnącą rolę szeregu pierwiastków, jak wapń, żelazo, siarka, chlor, kosztem zmniejszenia się głównie częstości krzemu.

Z porównania częstości pierwiastków skał węglanowych w Polsce ze skałami węglanowymi w skorupie ziemskiej wg danych J. Greena (1959), które wykorzystali również M. Krafft i R. Schindler (1962), wi-

dzimy, że skały węglanowe Polski charakteryzują się (fig. 3): niższymi częstościami krzemu, glinu, żelaza i manganu, przy jednocześniej wyższej częstości wapnia i węgla, co świadczy o większej „czystości” skał węglanowych Polski w porównaniu z przeciętnymi skałami węglanowymi w skorupie ziemskiej (1), zmniejszaniem się w coraz młodszych cyklach częstości magnezu, co omówiono wyżej (2), konsekwentnym, w tym samym kierunku, spadkiem częstości siarki, co wiąże się z malejącym udziałem pirytów w skałach węglanowych (3).

Nie mogliśmy porównać częstości pierwiastków we wszystkich wydzielonych w artykule typach litologicznych skał, ponieważ w opracowaniach syntetycznych dotyczących częstości skał osadowych przyjmuje się zazwyczaj podział na piaskowce, łupki ilaste i skały węglanowe. W artykule natomiast skały ilaste i okruczowe połączono w jedną grupę.

Wyrażamy nadzieję, że niniejsze opracowanie oparte na bogatym materiale analitycznym, powiązany z masą skał osadowych wykształconych na obszarze Polski, daje bardzo prawdopodobny obraz udziału omówionych pierwiastków w różnych typach skał na poszczególnych obszarach.

Jesteśmy przeświadczeni, że opracowanie to stanowi jedno z kryteriów dla określenia prawdopodobieństwa występowania na naszym obszarze również koncentracji niektórych pierwiastków rzadkich, zwłaszcza tych, których skłonności geochemiczne w warunkach hipergenicnych są podobne do skłonności pierwiastków głównych. Opracowanie to może być też wyjściowym punktem dla obliczenia ilości substancji organicznej, pierwotnie zawartej w skałach.

Institut Geologiczny  
Warszawa ul. Rakowiecka 4  
Nadesłano dnia 15 listopada 1966 r.

## PIŚMIENNICTWO

- ATLAS GEOLOGICZNY POLSKI (1957—1965) — Zagadnienia stratygraficzno-fa-  
cjalne. Z 1—11. Inst. Geol. Warszawa.
- CZAJOR E., CZERMIŃSKI J. (1960) — Zmienność zawartości wapnia i magnezu  
w skałach węglanowych na obszarze Polski, bez Karpat (komunikat  
wstępny). Kwart. geol., 4, p. 459—468, nr 2. Warszawa.
- CZERMIŃSKI J. (1962) — Obliczenie objętości i masy skał serii osadowych w Pol-  
sce (bez Karpat). Kwart. geol., 6, p. 337—349, nr 2. Warszawa.
- CZERMIŃSKI J., HARAPIŃSKA-DEPCIUCH M., JUSKOWIAK M., KARDYMO-  
WICZOWA J., RYKA W., WIESER T., SZNAJDER J. (1959) — Katalog  
analiz chemicznych i minerałów Polski. Cz. I (1900—1950). Pr. Inst.  
Geol., 25. Warszawa.
- GREEN J. (1959) — Geochemical Table of the Elements for 1959. Bull. Geol. Soc.  
Amer., 70, nr 9. New York.
- JUSKOWIAKOWA M., JUSKOWIAK O., RYKA W., SZNAJDER J. (1961) — Ka-  
talog analiz chemicznych skał i minerałów Polski. Cz. II (1951—1957).  
Pr. Inst. Geol., 26. Warszawa.

- KRAFFT M., SCHINDLER R. (1962) — Periodisches System der Elemente. Zentrales Geologisches Institut. Berlin.
- RYKA J., RYKA W. (1966) — Katalog analiz chemicznych skał i minerałów Polski. Cz. III (1958—1962). Pr. Inst. Geol., 65. Warszawa.
- ВИНОГРАДОВ А. П. (1962) — Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры. Геохимия, № 7. Москва.

Эльжбета ЧАЙОР, Ян ЧЕРМИНСКИ

### КЛАРКИ ГЛАВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД ПОЛЬШИ (КРОМЕ КАРПАТ)

#### Резюме

Авторами рассматриваются кларки главных элементов для осадочных пород Польши (кроме Карпат) всех систем — от кембрийской до третичной включительно. Использован обширный аналитический материал (16440 химических анализов горных пород). Рассматриваются кларки следующих элементов: O, Si, Al, Mg, Ca, Fe, Na, K, C, P, Ti, S, Mn, H.

Данные анализов распределены по четырем литологическим типам: обломочные и глинистые породы, карбонатные породы, кремнистые породы и эвапориты. Указанные литологические типы группируются по отдельным системам — от кембрийской до третичной. В свою очередь эти группы объединяются в циклы: I (докембрийско-ордовикско-силурийский), II (девонско-карбонново-нижнепермский) и III (цехштейново-мезозойско-третичный). Кларки элементов, распределенных по четырем литологическим типам в отдельных циклах представляет табл. 2. Группы кларков элементов без разбивки на литологические типы в этих циклах представляет табл. 3. Кларки главных элементов для отдельных типов пород по всему профилю осадочных толщ Польши сопоставляются в табл. 4.

Полученные результаты были сравнены с кларками главных элементов для основных типов магматических пород (по А. П. Виноградову), а карбонатные породы с кларками, приведенными в работе Д. Грина. Результаты представлены на круговых диаграммах (фиг. 1—3).

Важнейшие выводы, вытекающие из анализа кларков элементов выделенных трех циклов и сравнения их с магматическими породами, сводятся к следующему:

- а) на протяжении всей истории Земли уменьшается кларк кремния в пользу других элементов, особенно кальция;
- б) в таком же направлении уменьшается и кларк калия;
- в) кларк алюминия в целом меньше, чем в кислых магматических породах, но пониженные значения кларка вытекают исключительно из весьма небольшого кларка данного элемента в цехштейново-мезозойско-третичном цикле;
- г) кларк алюминия на протяжении трех циклов уменьшается с течением времени. Кларк магния в целом выше, чем в кислых магматических породах, но он также уменьшается с течением времени;
- д) кларки кальция, серы и угля последовательно увеличиваются;
- е) резко увеличиваются кларки хлора и натрия в цехштейново-мезозойско-третичном цикле;
- ж) отсутствие последовательной линии в развитии натрия, железа, титана и фосфора.

Elżbieta CZAJOR, Jan CZERWIŃSKI

**CLARKS OF THE MAIN ELEMENTS IN SEDIMENTARY ROCKS OF POLAND  
(EXCEPT FOR THE CARPATHIANS)**

**Summary**

The present authors have analysed the frequency (clarks) of the main elements in sedimentary rocks of Poland (except for the Carpathians) of all systems, from Cambrian to Tertiary inclusive. A rich scientific material embraced 16440 chemical analyses of rocks. Clarks of the following elements have been determined: O, Si, Al, Mg, Ca, Fe, Na, K, C, P, Ti, S, Mn and H.

The analyses have been grouped in four lithological types: clastic and clay rocks, carbonate rocks, siliceous rocks and evaporates. The lithological types mentioned above have in turn been arranged in systems, from Cambrian to Tertiary inclusive, and then combined in cycles: I — Cambro-Ordovician-Silurian cycle, II — Devonian-Carboniferous-Lower Permian cycle, and III — Zechstein-Mesozoic-Tertiary cycle. Frequency of elements of four lithological types located within the individual cycles is illustrated in Table 2. A grouping of clarks of elements without the subdivision into lithological types in the cycles is presented in Table 3. The frequency of the main elements in the individual types of rocks in the whole section of the sedimentary series in Poland is shown in Table 4.

The results obtained have been compared with the clarks of the main elements occurring in the main types of magmatic rocks (according to A. P. Vinogradov), and the carbonate rocks with the clarks presented in an elaboration by J. Green. The results are presented on circle diagrams (Figs. 1—3).

The most important results of the analysis of clarks of elements in the three cycles distinguished, and those of the comparison with the magmatic rocks are as follows:

a — decrease in silicon throughout the earth's history, in favour of other elements, particularly of calcium;

b — similarly as in the case of silicon, a decrease in potassium clarks;

c — generally, aluminium clark is lower than in acid magmatic rocks, however, a lower value of the clark of this element is due to a very low clark in the III cycle;

d — aluminium clark decreases throughout the three cycles with time. Magnesium clark is usually higher than that in acid magmatic rocks, but it decreases also with time;

e — successive increase of clarks of calcium, sulphur and carbon;

f — remarkable increase of chlorine and sodium in the Zechstein-Mesozoic-Tertiary cycle;

g — lack of a consequent development line of sodium, iron, titanium and phosphorus.