

**BOR W OSADACH ILASTYCH GÓRNEGO WENDU LUBELSKIEGO
SKŁONU PLATFORMY WSCHODNIOEUROPEJSKIEJ**

UKD 550.422:546.27:551.72:552.52 + 549.623:551.35(438 – 13 Lubelszczyzna)

Bor jest uważany za jeden z głównych wskaźników zasolenia środowiska sedymentacji. Ulega on nagromadzeniu w minerałach ilastych – illitach, występując w ich strukturze w formie trwałej domieszki izomorficznej (4, 5). Panuje pogląd, że illity pochodzenia morskiego zawierają go znacznie więcej niż illity lądowe bądź brakiczne (3, 7, 10).

O zawartości boru w osadach wendyjsko-dolnokambryjskich pisała autorka w swojej pracy z 1978 r. (11), w której próbowała wykorzystać różne wskaźniki mineralogiczne i geochemiczne do rozgraniczenia osadów wendyjskich od kambryjskich. Korelacja facjalna dotyczyła tam głównie osadów piętra klimontowskiego (najstarsze ogniwo dolnego

kambru), ze względu na ich szeroki zasięg terytorialny: od syneklizy perybałtyckiej, przez obniżenie podlaskie do lubelskiego skłonu platformy. W niniejszej pracy wykorzystano bor do korelacji facjalnej osadów serii siemiatyckiej (lub jej odpowiednika – serii białopolskiej) i lubelskiej, występujących na terenie Polski wyłącznie w rejonie Radzyna, Kapłonosów i Białopola.

O zawartości boru w osadach ilastych wendu i dolnego kambru Estonii we wschodniej części syneklizy perybałtyckiej pisali L. Bitiukowa i E. Pirrus (2). Stwierdzili oni występowanie wyższych zawartości boru (> 100 ppm) w ilowcach i mułowcach kambru, niższych (~ 50 ppm B) w osadach ilasto-piaszczystych wendu. Wyniki ich badań su-

KONCENTRACJA BORU, POTASU, LITU ORAZ PROCENTOWA ZAWARTOŚĆ ILLITU
W PRÓBKACH OSADÓW WENDYJSKICH Z RADZYNIA IG1

Tabela I

Próbka	głębokość w m		% zawartość illitu	% zawartość K ₂ O	bor w ppm	bor „skorygo- wany” w ppm	lit w ppm	B/Li
11	1638,5	seria lubelska	90,13	7,73	180	350	66	4,05
11A	320							
11B	250							
12	1651,0	seria siemiatycka	100,0	8,58	240	340	35	10,0
12A	350							
12B	250							
13	1662,5	seria siemiatycka	95,26	8,17	150	440	35	12,28
13A	430							
13B	300							
14	1666,0	seria siemiatycka	96,66	8,29	170	430	35	12,0
14A	420							
14B	330							

gerują przejście od kontynentalnych osadów wendyjskich do morskich osadów dolnego kambry, powstałych w strefie przybrzeżnej zbiornika.

Na obszarze południowo-wschodniej Polski na lubelskim skłonie platformy panowała w wendzie i dolnym kambry nieprzerwana sukcesja morska, w trakcie której osadzały się iłowce i mułowce serii białopolskiej z Białopola oraz przekładaniec ilasto-piaszczyste serii siemiatyckiej i lubelskiej z Kaplonosów i Radzynia (1). W rejonie Kaplonosów i Radzynia seria lubelska powstawała w warunkach płytkowodnych w pobliżu linii brzegowej i od-

krytego krystaliniku. W Białopolu osady serii białopolskiej i lubelskiej charakteryzują się dużą zawartością materiału ilastego przy znikomych domieszkach materiału detrytycznego, co może świadczyć o małej energii hydrodynamicznej zbiornika i niewielkim dopływie materiału terygenicznego (6).

Materiały faktograficzne zamieszczone w niniejszej pracy dotyczą wyników badań osadów ilastych serii siemiatyckiej (białopolskiej) i lubelskiej z Radzynia IG 1, Kaplonosów IG 1, Białopola IG 1. W tabelach I–III podano procentową zawartość illitu we frakcji ilastej <2 µm (illit wyli-

Tabela II

KONCENTRACJA BORU, POTASU, LITU ORAZ PROCENTOWA ZAWARTOŚĆ ILLITU W PRÓBKACH OSADÓW WENDYJSKICH Z KAPLONOSÓW IG1

Próbka	głębokość w m	% zawartość illitu	% zawartość K ₂ O	bor w ppm	bor „skorygowany” w ppm	lit w ppm	B/Li
15	1380,5	53,87	4,62	150	390	97	2,66
15A				200			
15B				145			
16	1396,0	74,51	6,39	239	400	76	3,55
16A				270			
16B				210			

Tabela III

KONCENTRACJA BORU, POTASU, LITU ORAZ PROCENTOWA ZAWARTOŚĆ ILLITU W PRÓBKACH OSADÓW WENDYJSKICH Z BIAŁOPOLA IG1

Próbka	głębokość w m	% zawartość illitu	% zawartość K ₂ O	bor w ppm	bor „skorygowany” w ppm	lit w ppm	B/Li
7	2870,0	60,63	5,20	220	490	59	4,58
7A				270			
7B				300			
7C } 7D }				200			
10	2880,2	60,40	5,18	150	500	97	3,51
10A				340			
10B				300			
10C } 10D }				250			
11	2887,4	62,03	5,32	210	400	54	4,63
11A				250			
11B				250			
11C } 11D }				210			
12	2895,0	61,56	5,28	240	370	62	3,71
12A				230			
12B				270			
12C } 12D }				230			
17	2941,8	45,47	3,90	140	690	72	4,10
17A				320			
17B				330			
17C } 17D }				170			
19	2946,5	54,36	4,66	170	390	78	2,56
19A				200			
19B				190			
19C } 19D }				170			
21	2953,0	70,31	6,03	220	430	68	3,97
21A				270			
21B				210			
21C } 21D }				210			

czono na podstawie ilości K_2O w próbce), koncentrację boru w skale wyjściowej oraz we frakcjach o wielkości cząstek $< 2 \mu m$ (frakcja A), $2-5 \mu m$ (frakcja B), koncentrację litu we frakcji A oraz wartość boru „skorygowanego”, wyliczoną na podstawie wzoru podanego przez C.T. Walkera (9):

$$\text{„skorygowany” bor} = \frac{\text{bor w próbce} \times 8,5}{\% K_2O \text{ w próbce}}$$

Wartość 8,5 jest teoretyczną zawartością K_2O w illicie. Analizy boru wykonano metodą spektralną stosując beryl jako wewnętrzny standard (8). Frakcję ilastą A oraz frakcję B wydzielono metodą sedymentacyjną, stosując odpowiedni czas opadania cząstek w zależności od pH i temperatury roztworu.

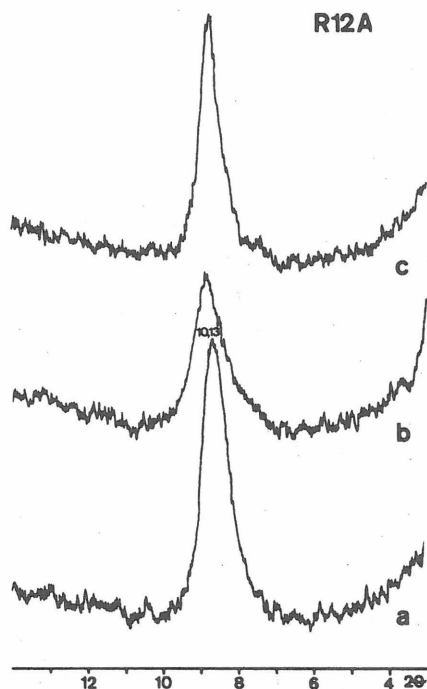
Przy identyfikacji składu mieszanin minerałów ilastych we frakcji $< 2 \mu m$ posłużono się metodą porównań dyfraktogramów próbek wyjściowych (krzywa a) z dyfraktogramami tych samych próbek po nasyceniu ich glikolem (krzywa b) oraz wyprażeniu w temperaturze $490^\circ C$ (krzywa c). Obserwacje krzywych dyfraktometrycznych wskazują, że najczystsza, czasem nawet monomineralną frakcję (próbka 12 Radzyna IG 1) reprezentują ility z Radzyna IG 1 z serii siemiatyckiej (ryc. 1). Linia podstawowa illitu jest ostra, bez przegięć; obok illitu występują znikome ilości kaolinitu.

We frakcji ilastej serii lubelskiej z Kaplonosów IG 1 obecny jest zespół illit-kaolinit, z ilościową przewagą illitu nad kaolinitem, oraz niewielkie domieszki chlorytu (ryc. 2). W ilitych serii białopolskiej i lubelskiej Białopola IG 1 linia podstawowa illitu jest poszerzona, czasem rozmyta i wykazuje przegięcia w kierunku niższych wartości kąta

2θ , co świadczy o obecności licznych pakietów pęczniejących w strukturze illitu (ryc. 3, 4).

Zawartość boru we wszystkich badanych frakcjach ilastych przekracza 200 ppm, a stosunek B/Li waha się w granicach 2,6–4,8. Wyjątek stanowią tu próbki z Radzyna IG 1, gdzie wartość stosunku B/Li wynosi > 10 . Usytuowanie punktów projekcyjnych B i Li na diagramie Keitha i Degensa świadczy o morskim pochodzeniu badanych osadów (ryc. 5). Przerywana linia na wykresie przedstawia hipotetyczną linię rozdziału osadów lądowych i morskich. Na powyższym wykresie ujawniają się niewielkie rozbieżności między ilitymi Radzyna IG 1 i Białopola IG 1, sugerując mniejsze zasolenie bądź zmianę warunków hydrochemicznych w Białopolu. Podobny wykres z wyliczonym „skorygowanym” borem i litem niweluje te rozbieżności i wydaje się być bardziej przydatny do korelacji osadów. Należy bowiem przypuszczać, że w tym obszarowo bliskim sobie zbiorniku nie było znacznych różnic zasolenia, chociaż procentowy udział minerałów ilastych sugeruje pogłębienie i stosunkowo spokojną sedymentację osadów serii siemiatyckiej z Radzyna.

Idealnym wskaźnikiem zasolenia jest illit autigeniczny. Illit detrytyczny może zawierać pewne ilości boru dziedzicznego, przywleczonego z pokryw wietrzeniowych obszarów alimentowanych lub podczas transportu. Autorka obserwowała badane frakcje ilaste w elektronowym mikroskopie transmisyjnym. Obserwacje te wykazały, że są to głównie minerały ilaste pochodzenia alogenicznego (11). Nie jest wykluczone, że niewielki procent illitów i kaolinitów jest pochodzenia autigenicznego. Morfologia i izometryczny kształt niektórych ziarn sugeruje pochodzenie z roztworu. Udział tych minerałów jest znikomy; przeważającą masę stanowią ilaste minerały detrytyczne.

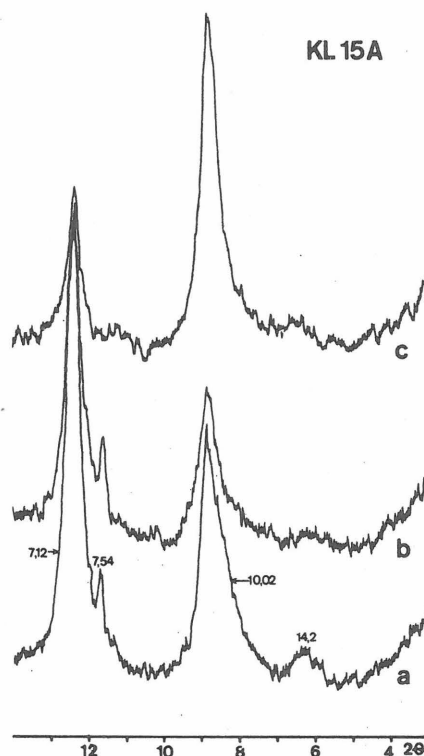


Ryc. 1. Dyfraktogram frakcji ilastej z Radzyna IG-1

a – próbka wyjściowa, b – nasyciona glikolem, c – wyprażona w temp. $490^\circ C$

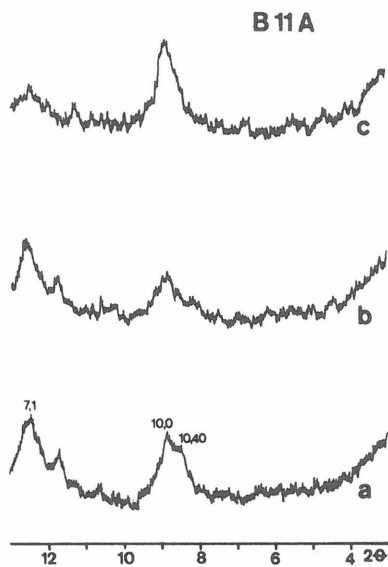
Fig. 1. Diffractograph of clay fraction from borehole Radzyna IG-1

a – raw sample, b – sample saturated with glycol, c – sample fired at $490^\circ C$



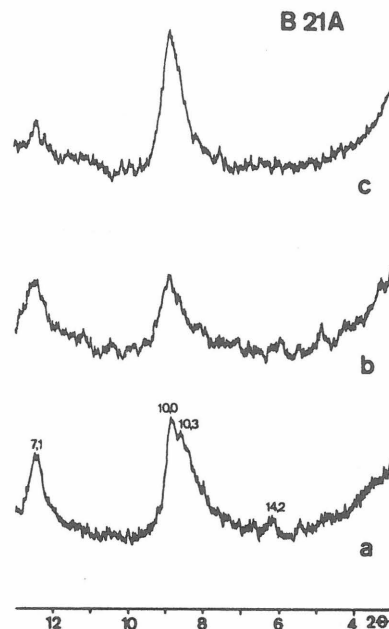
Ryc. 2. Dyfraktogram frakcji ilastej z Kaplonosów IG-1 (próbka 15A), Objaśnienia jak przy ryc. 1

Fig. 2. Diffractograph of clay fraction from borehole column Kaplonosy IG-1 (sample 15A). Explanations as given in Fig. 1



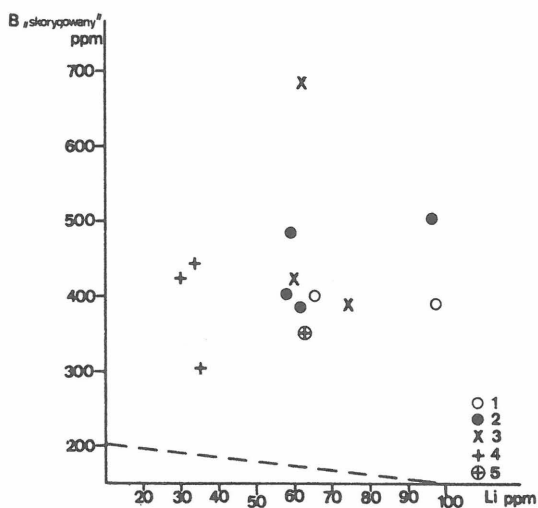
Ryc. 3. Dyfraktogram próbek frakcji ilastej z Białopola IG-1 (próbka 11A). Objasnienia jak przy ryc. 1

Fig. 3. Diffractograph of samples of clay fraction from borehole column Białopole IG-1 (sample 11A). Explanations as given in Fig. 1



Ryc. 4. Dyfraktogram frakcji ilastej z Białopola IG-1 (próbka 21A)

Fig. 4. Diffractograph of clay fraction from borehole column Białopole IG-1 (sample 21A)



Ryc. 5. Wykresy zawartości B/Li w próbkach frakcji ilastej z Radzyna, Kaplonosów i Białopola: a) B „skorygowany”/Li; b) B/Li

1 – seria lubelska Kaplonosy IG-1, 2 – seria lubelska Białopole IG-1, 3 – seria białopolska Białopole IG-1, 4 – seria siemiatycka Radzyń IG-1, 5 – seria lubelska Radzyń IG-1

Szczegółowa analiza facjalnych wskaźników geochemicznych środowiska alimentacji, takich jak: wanad, chrom, bar (11) wskazuje, że materiał osadowy w wendyjskim zbiorniku sedimentacyjnym obszaru platformowego Polski pochodzi z wyniesienia mazursko-suwalskiego i podlaskiego kompleksu metamorficznego, gdzie dominują skały krystaliczne o składzie granitoidów. Asocjacja mineralna illit-kaolinit-chloryt zarejestrowana w większości badanych próbek również świadczą o pokrewieństwie platformowych osadów wendyjskich z kwaśnymi skałami krystalicznymi. Analizy zawartości boru i innych pierwiastków śladowych w skale oraz w wydzielonych frakcjach o wielkości cząstek

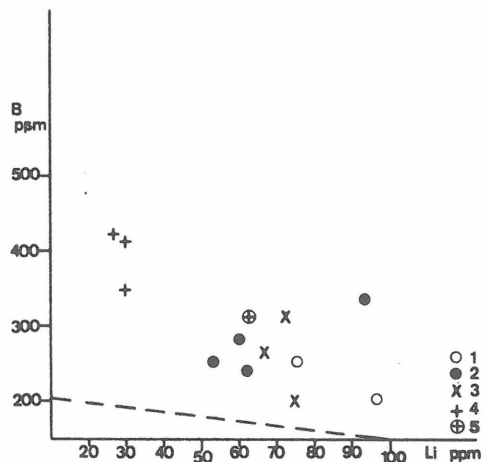


Fig. 5. Graphs of B/Li content in samples of clay fraction from borehole columns Radzyń, Kaplonosy, Białopole: a) B “adjusted”/Li; b) B/Li

1 – Lublin Series from borehole column Kaplonosy IG-1, 2 – Lublin Series from borehole column Białopole IG-1, 3 – Białopole Series from borehole column Białopole IG-1, 4 – Siemiatycka Series from borehole column Radzyń IG-1, 5 – Lublin Series from borehole column Radzyń IG-1

<2 μm (frakcja A), 2–5 μm (frakcja B), 5–15 μm (frakcja C), 15–60 μm (frakcja D) nie dają podstaw do przypuszczeń, aby skały alimentowane były wzbogacone w bor (tab. III). W związku z powyższym można uznać zawartość boru w badanych illitach za funkcję zasolenia zbiornika sedimentacyjnego.

Analiza składu mineralnego i koncentracji boru badanych próbek wskazuje, że osady te formowały się w zbiorniku morskim o podwyższonym zasoleniu (9). Niewielkie

zróznicowanie mineralogiczne i geochemiczne może wynikać z niejednorodnego zaawansowania procesów transformacji, któremu sprzyjają długotrwałe, mało zmienne warunki hydrodynamiczne basenu, jak np. w Białopolu, lub okresowe pogłębienie, jak w Radzynie w serii siemiatyckiej, gdzie skład mineralny próbek odpowiada prawie czystemu illitowi, sugerując znikomy dopływ materiału terygenicznego i spokojną sedymentację w głębszej strefie basenu.

L I T E R A T U R A

1. Areń B., Lendzion K. — Charakterystyka stratygraficzno-litofacyjna wendy i kambru dolnego. Pr. Inst. Geol. 1978 t. 90.
2. Bitiukowa L., Pirrus E. — O sodierzaniu bora w glinistych porodach wienda i kiembria Estonii. Izv. AN Eston. SSR. 1979 wyp. 28.
3. Curtis C.D. — Studies of use of boron as a paleo-environmental indicator. Geoch. Cosmoch. Acta 1964 vol. 28.
4. Ernst W. — Geochemical facies analysis (Method in Geochemistry and Geophysics). 1970.
5. Harder H. — Boron content of sediments as a tool in facies analysis. Sedim. Geol. 1972 vol. 4 no. 2.
6. Juszkowiakowa M. — Charakterystyka petrograficzna osadów morskich z pogranicza prekambriu i kambru. Pr. Inst. Geol. 1978 t. 90.
7. Kraus I. — Distribucia mikroprkov v iloch neogenychn panvi zapadnykh Karpat. Nauka o Ziemi. 1975 vol. 9.
8. Kowalski W., Pasieczna A. — Geochemia boru w osadach karbonu lubelskiego na przykładzie profilu otworu wiertniczego Izdebno IG 1. Arch. Min. 1980 t. 36 z. 1.
9. Walker C.T. — Evaluation of boron as a paleosalinity indicator and its application to offshore prospects. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull. 1968 vol. 52 no. 5.
10. Waliye w J.J. — Gieochimija bora w jurskich otłożeniach gissarskiego Chriebta. Trudy AN ZSSR 1977 wyp. 298.
11. Wichrowska M. — Charakterystyka mineralogiczno-geochemiczna osadów ilastych z pogranicza prekambriu i kambru. Pr. Inst. Geol. 1978 t. 90.

S U M M A R Y

The paper presents the use of boron as an index of salinity of Upper Vendian clay deposits occurring in the vicinities of Radzyń, Kaplonosy and Białopole, eastern Poland. Boron is primarily accumulated in illites so the bulk of analyses were carried out on clay fraction comprising grains below 2 μm in size (fraction A). Some identifications of boron in whole rock samples and the fraction 2–5 μm (fraction B) were also made (Tables 1–3). The content of boron was found to be over 200 ppm in the studied clay fractions, showing marine origin of the relevant rocks (Fig. 5b). "Adjustment" of boron content by taking into account the content of K_2O in illite appears to be important for appropriate correlation of deposits (Fig. 5a). Mineral composition of illite-kaolinite-chlorite suggests that the studied rocks are related to acid crystalline ones (Figs. 1–4).

Authigenic illite is an ideal index of salinity as detrital illite may yield boron either coming from parent rocks

or absorbed in the course of transportation. The analysis of geochemical facies indices of alimentary environment (V, Cr, Ba) showed that material deposited in Vendian sedimentary reservoir in NE Poland was coming from weathering covers of granitoid rocks in the Mazury–Suwałki elevation and Podlasie metamorphic complex (M. Wichrowska, 1978). When this is the case, there is no reason to assume that the studied illites originally yielded any significant quantities of boron. Thus it may be accepted that the recorded content of boron is the function of salinity of sedimentary reservoir and its use as a salinity index seems justified in the case of these deposits.

The analysis of mineral composition and concentration of boron in the studied samples showed that the deposits were originating in marine reservoir characterized by increased salinity (Walker 1968). The recorded slight differentiation in mineralogy and geochemistry may be explained by nonuniform advancement of transformation processes, facilitated by long-lasting, stable hydrodynamic conditions in the basin, e.g. in the Białopole area, or temporary deepening (e.g. in the case of the Siemiatycze Series deposits in the Radzyń area). Mineral composition of samples from the borehole column Radzyń IG-1 corresponds to that of almost pure illite, suggesting negligible supply of terrigenous material and quiet sedimentation in a deep zone of the basin.

P E Z J U M E

В работе использован бор как показатель засоленности верхневендских глинистых осадков распространенных в Польше в районе местностей Радзынь, Каплёносы, Бялополе. Бор накапливается главным образом в иллитах, так что большинство анализов проводилось в глинистой фракции с частицами величиной менее 2 μm (фракция А). Было также проведено определение бора в породе с фракцией Б 2–5 μm (таб. 1, 2, 3). Установлено, что содержание бора в исследованных глинистых фракциях превышает величину 200 ппм, что указывает на морское происхождение осадков. Введение „корректированного” бора, учитывающего содержание K_2O в иллите качества быть существенным для правильной корреляции осадков (фиг. 5а). Минеральный состав иллита—каолинита—хлорита указывает на сходство исследованных осадков с кислыми кристаллическими породами (фиг. 1, 2, 3, 4).

Идеальным показателем засоленности является автогенный иллит, детритный иллит может содержать бор полученный из материнских пород или адсорбированный во время транспорта. Анализ фациальных геохимических показателей среды питания (V, Cr, Ba) указывает на то, что материал осажённый в вендском седиментационном бассейне юго-восточной Польши происходит из покровов выветривания гранитоидных пород, распространенных на Мазурско-сувальской возвышенности и в Подляском метаморфическом комплексе (М. Вихровска, 1978). Так что нет поводов для мнения, что исследованные иллиты содержали первоначально значительное количество бора. В связи с тем можно принять, что содержание бора является функцией засоленности седиментационного бассейна и в случае исследованных осадков его применение правильно.

Анализ минерального состава и концентрации бора в исследованных образцах указывает на то, что эти осадки формировались в морском бассейне с повышен-