

Mineralogia i geochemia ilów poznańskich z wybranych złóż Wielkopolski

Agata Duczmal-Czernikiewicz*



Mineralogy and geochemistry of the Poznań clays in selected deposits of the Wielkopolska region (western Poland). *Prz. Geol.*, 55: 479–484.

S u m m a r y . The deposits under study (Brzostów, Krotoszyn, Ostrzeszów, Góra) and the Leszno borehole are located in Southern Wielkopolska, Polish Lowlands. Geochemical characteristics of the upper part of the Neogene Poznań Formation were presented on the basis of major elements analyses. The sediments were classified as clays, silts and sands. Quartz in coarse fraction and clay minerals (smectite, mixed layers smectite/illite, kaolinite, traces of chlorite and halloysite) in fine fraction are the main components. Their chemical composition depends mainly on mineralogical content. The sediments were strongly depleted in Ca and Na during weathering processes. Calculated chemical indices of alternation, CIA and CIW range from 59.9 to 91 and 68 to 93 respectively, indicating intense chemical weathering phenomena.

Key words: clay deposits, mineralogy, geochemistry, Wielkopolska

Obszar Wielkopolski, z uwagi na występowanie złóż węgla brunatnych oraz ceramiki budowlanej, jest od wielu lat intensywnie badany, jednak szczególnie rozkwit badań przypadł na lata 70. i 80. XX wieku (Ciuk, 1970; Kozydra & Wyrwicki, 1970; Wiewióra & Wyrwicki, 1974, 1975; Walkiewicz, 1984). Często podejmowanym zagadnieniem było wyznaczanie wieku osadów na podstawie litostratygrafii i palinostratygrafii (Dyjur, 1970, 1982; Piwocki & Ziemińska-Tworzydło, 1995; Troć & Sadowska, 2006). Oznaczenia składu chemicznego wykonywali Szyszło (1962), Kunkel (1969) i Wichrowski (1981), który poddał ily również szczegółowym badaniom mineralogicznym. Gąsiewicz (2004) analizował zmienność geochemiczną utworów ilastych w dwóch profilach: Jaroszowa i Konina, oraz dyskutował zawartość węgla organicznego (TOC) w aspekcie genetycznym. Możliwość wykorzystania tych surowców ilastych jako sorbenty mineralne badali między innymi Brański (1994, 2002) i Ratajczak (1991, 2001).

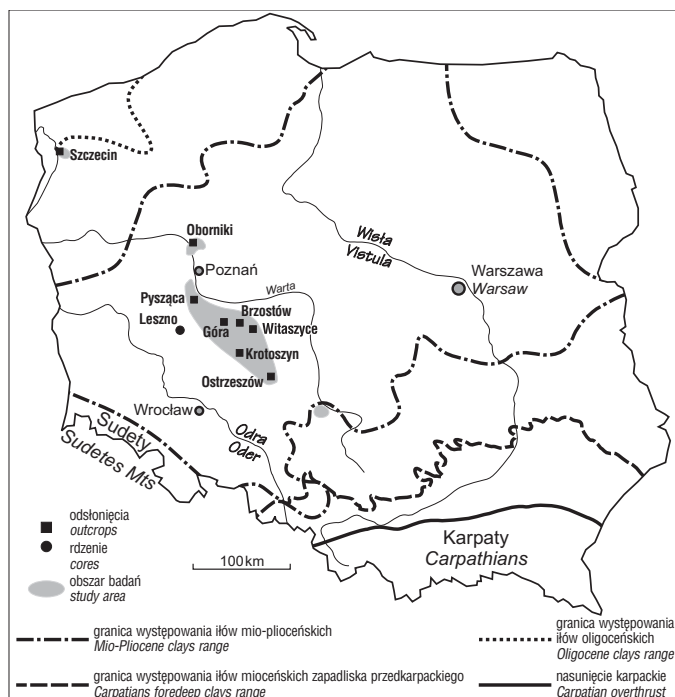
Mimo obszernej literatury dotyczącej formacji poznańskiej (por. Piwocki, 2002; Peryt & Piwocki, 2005) brakuje całościowej charakterystyki geochemicznej tych osadów. Naukowcy podkreślają monotonię ich składu mineralnego i chemicznego (np. Wichrowski, 1981; Kaczyński & Grabowska-Olszewska, 1997).

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań zależności zróżnicowania składu chemicznego osadów kilkunastu złóż surowców ilastych od ich składu mineralnego. Na podstawie analizy pierwiastków głównych przedstawiono najważniejsze cechy geochemiczne osadów ilastych występujących w odkrywkach ilów poznańskich. Analiza trójskładnikowych diagramów przedstawiających zależności składników mobilnych od niemobilnych umożliwiła dyskusję na temat pochodzenia materiału wyjściowego badanych osadów. Na podstawie obliczonych indeksów wietrzenia (CIA i CIW) podjęto dyskusję dotyczącą procesów przeobrażeń osadów. W celu porównania utworów występujących na powierzchni, które podlegają ciągłym procesom wietrzenia, z osadami zakrytymi przez utwory młodsze, zbadano również osady ilaste

z otworu wiertniczego Leszno (wykonanego przez poznańską firmę *Hydroconsult*).

Obszar badań

Badaniami objęto złoża surowców ilastych występujące na południe od Poznania (ryc. 1). Część z tych złóż była już wielokrotnie badana pod względem surowcowym, np. Krotoszyn czy Brzostów. W niektórych złożach prowadzi się wydobywanie sezonowo (Góra), w niektórych eksploatacji



Ryc. 1. Lokalizacja wybranych złóż surowców ilastych południowej Wielkopolski oraz położenie otworu wiertniczego Leszno-Zaborowo na tle obszarów występowania ilów neogeńskich w Polsce (wg Kaczyńskiego & Grabowskiej-Olszewskiej, 1997)

Fig. 1. Location of selected clay deposits from Southern Wielkopolska and the Leszno-Zaborowo borehole against the background of the range of Neogene and older clays in Poland (according to Kaczyński & Grabowska-Olszewska, 1997)

*Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Uniwersytet im. A. Mickiewicza, ul. Maków Polnych 16, 61-686 Poznań; duczer@amu.edu.pl

zaniechano (Ostrzeszów). Badane osady złóż oraz osady pochodzące z rdzenia wiertniczego są utworami mioceno-skoplodocenijskimi formacji poznańskiej.

Z uwagi na stan odsłonięć próbek ze złóż obecnie nie eksploatowanych pobierano w miejscach odsłoniętych. W eksploatowanych złóżach próbki pobierano z poziomów eksploatacyjnych określanych symbolami I i II, przy czym dolny poziom opisano jako pierwszy. Do badań szczegółowych wytypowano 65 próbek, spośród których przedstawiono w tej pracy 14 przykładowych analiz (tab. 1 i 2).

Metody badań

Badania składu mineralnego przeprowadzono przy użyciu dyfraktometru rentgenowskiego typu URD 6. Skład mineralny badano w dwóch frakcjach ziarnowych, $\Phi < 2 \mu\text{m}$ oraz $\Phi < 0,2 \mu\text{m}$, wydzielonych według preparatyki Jacksona (1975). W celu identyfikacji minerałów ilastych analizowano próbki w stanie powietrzno-suchym, glikolowane oraz prażone w temperaturze 550°C . Pomiarów prowadzono w zakresie kątowym $3\text{--}35^\circ 2\theta$, z zastosowaniem lampy Cu. W celu identyfikacji faz smektytowych zastosowano test Greene-Kellygo (1953).

Analizy chemiczne wykonywano metodą fluorescencyjną (*X-Ray fluorescence*) na spektrometrze *Spektra S4* (Bruker). Próbki mielono za pomocą młynka kulowego *Rocklabs*. Jako topnik stosowano tetraboran litu.

Skład mineralny

Ponad połowę (56%) zbadanych próbek skał stanowiły ły, resztę — pyły i piaski. W wydzielonych frakcjach ilastych większości zbadanych złóż dominują fazy smektytowe: smektyt i illit/smektyt. Fazą smektytową jest w badanych osadach beidelit. Mineral ten został stwierdzony w osadach serii poznańskiej przez Wiewiórę i Wyrwickiego (1974, 1976). Smektyty tworzą też pakiety pęczniące w fazie mieszanopakietowej I/S (Wichrowski, 1981; Wyrwicki, 1975). Fazy smektytowe mają na ogół dominujący udział we frakcji ziarnowej $\Phi < 0,2 \mu\text{m}$ (tab. 1).

Poza smektytami stwierdzono kaolinit, illit oraz śladowo haloizyt i chloryt. Kaolinit występuje w każdej próbce w zmiennych ilościach. Szczególnie duży udział ma w niektórych próbkach złoża Góra (np. G2). Obserwuje się wzrost ilości kaolinitu we frakcji $\Phi < 2 \mu\text{m}$ w stosunku do frakcji $\Phi < 0,2 \mu\text{m}$. Występowanie illitu jest powszechne, choć

Tab. 1. Skład mineralny osadów w wydzielonych frakcjach ziarnowych określony metodą rentgenowską
Table 1. Mineral composition of the sediments identified with the X-ray diffraction method

Próbka <i>Sample</i>	Frakcja <i>Fraction</i>	Składniki <i>Components</i>	Domieszki <i>Additives</i>
G1	2 μm	I - K - S	Q, I/S?
	0,2 μm	I/S > K > I	
G2	2 μm	K > S > I	Q, Skal?
	0,2 μm	K > I/S > I	
G6	2 μm	I > K > Ch - S	Q > Skal
	0,2 μm	I - K - S	Q, I/S, Ch?
Ot3	2 μm	I/S (+S) - I - K	Q
	0,2 μm	I/S (+S) > I - K	
Ot6	2 μm	I/S - I - K	Q
	0,2 μm	I/S > I - K	Q
K I 9	2 μm	S - K - I	Q, I/S, Skal
	0,2 μm	S - K - I	Q, I/S, Skal
K II 3	2 μm	S - K - I	Q, I/S, Skal
	0,2 μm	S - K - I	Q, I/S, Skal
K II 8	2 μm	I/S > K - I	Q, S
	0,2 μm	brak frakcji	
K II 11	2 μm	S - K - I	Q, I/S,
	0,2 μm	S > K > I	Q, I/S,
B I 2	2 μm	I/S - K - I	Q, Skal?
	0,2 μm	I/S - K	I > Q
B II 15	2 μm	K - I - S	Q, I/S
	0,2 μm	I/S > K	I
B II 19	2 μm	S - I - K	Q
	0,2 μm	S > K	I
B II 24	2 μm	S - K - I	Q
	0,2 μm	S + I/S > K > I	Q
L 55	2 μm	S (+ I/S) > K - I	
	0,2 μm	S (+ I/S) > K - I	

Ch — chloryt, *chlorite*; I — illit, *illite*; K — kaolinit, *kaolinite*; Q — kwarc, *quartz*; S — smektyt, *smectite*; Skal — skaleń, *feldspar*

zwykle podrzędne we frakcji $\Phi < 2 \mu\text{m}$ (Krotoszyn). We frakcjach $\Phi < 0,2 \mu\text{m}$ illitu nie stwierdzono. Haloizyty (odznaczający się niestabilnym refleksem 7 \AA w próbkach glikolowanych) występuje zarówno we frakcji $\Phi < 2 \mu\text{m}$, jak i $\Phi < 0,2 \mu\text{m}$. Chloryt stwierdzono w osadach z Krotoszy na we frakcji $\Phi < 2 \mu\text{m}$ w śladowych ilościach.

Dominującym składnikiem osadu we frakcjach grubszych niż $0,063 \text{ mm}$ jest kwarc z niewielkim udziałem skaleni. Ponadto stwierdzono występowanie konkretacji wtórnego kalcytu oraz tlenków i wodorotlenków żelaza: hematytu i goethytu, plamiście barwiących część badanych osadów na kolor brunatnowiśniowy.

Geochemia osadów ilastych

Wyniki analiz pierwiastków głównych podano w formie tlenkowej i przedstawiono w tabeli 2. Jak można się było spodziewać, w silnie zwietrzałych utworach zaobserwowano dużą zmienność zawartości pierwiastków głównych.

Podobnie jak w typowych osadach ilastych, wśród składników głównych dominują Si i Al (Rollinson, 1993). Ilość SiO_2 zawiera się w granicach od 54% do prawie 76% wag. Ilość Al_2O_3 zmienia się natomiast w granicach od 5% do niemal 30%. Średnia dla większości próbek: 16%, jest zgodna ze średnią ilością Al_2O_3 w osadach ilastych. Zawartość Al_2O_3 jest odwrotnie proporcjonalna do zawartości SiO_2 , co przejawia się ujemną korelacją tych dwóch składników. Stosunek Si do Al zmienia się od 2,8 do 3,8 w ilach i od 4 do 8 w pyłach i piaskach. Obserwuje się dodatnią korelację Al_2O_3 względem Mg i K (tworzą wspólnie z Al minerały glinokrzemianowe), natomiast ujemną względem Mn i Fe (występują głównie w postaci własnych minerałów: tlenków i węglanów).

Istotnym ilościowo składnikiem osadów jest żelazo. Fe_2O_3 występuje w szerokim zakresie, od 1,4% do 10,2% (średnio 6,9%). Większość próbek odznacza się jednak zawartością Fe_2O_3 zbliżoną do wartości średnich (7%). Wraz ze wzrostem ilości Fe obserwuje się wzrost ilości Al. Nie każda próbka o wyraźnej barwie wiśniowobrunatnej

zawiera więcej Fe niż próbka bez pstrych przebarwień, co wskazuje na możliwość występowania Fe w strukturze smektytów.

Na_2O i K_2O występują w ilościach mniejszych niż średnie wartości dla osadów ilastych, odpowiednio od 0,01 do 0,54% wag oraz od 0,8 do 2,85% wag. Szczególnie mała zawartość potasu znajduje się w osadach złoża Góra (0,9% K_2O) oraz w poziomie I złoża Brzostów, czyli w osadach z przewagą kaolinitu we frakcjach ilastych. Ilość Na_2O nie przekracza 0,75% (tab. 2). Na i K są związane w glinokrzemianach (smektyty i kaolinit), a ich zubożenie w stosunku do skorupy kontynentalnej oraz średnich dla osadów jest wynikiem postępującego wietrzenia. Zawartość CaO (około 0,5%) jest przeważnie mniejsza niż średnia dla osadów ilastych (2,5%). Część CaO jest związana w glinokrzemianach, a większość występuje w postaci wtórnych minerałów węglanowych, siarczanowych bądź fosforanowych. Ilość MgO w większości próbek jest zbliżona do 1%, w nielicznych przekracza 2%. Podobnie zawartość MnO jest zbliżona w większości próbek do średnich dla osadów ilastych (0,08 do 0,14%), natomiast znacznie przewyższa średnią w osadach z dużą zawartością Ca ($r = 0,74$).

Zawartość TiO_2 wynosi maksymalnie 1,5% i wykazuje dużą jednorodność. Podobnie ilość P_2O_5 w większości próbek jest zbliżona do ilości we wzorcu: 0,08% P_2O_5 . Jedynie górne części rdzenia oraz niektóre próbki z Ostrzeszowa i Góry odznaczają się wzrostem koncentracji fosforu, który wykazuje zdecydowaną dodatnią korelację do Fe_2O_3 ($r = 0,78$), a także do MnO .

Wskaźniki wietrzenia

Indeksy wietrzenia określają procesy, którym podlegały deponowane osady. Gwałtowne zubożenie w Na i Ca wskazuje na silne procesy wietrzenia chemicznego, a zmiana zawartości tych pierwiastków jest proporcjonalna do stopnia wietrzenia (np. Nyakairu & Koeberl, 2001; Duzgoren-Aydin i in., 2002). W miarę rozwoju wietrzenia obok Ca i Na spada również zawartość K i Si, rośnie natomiast zawartość Al, Fe, Ti oraz Mn. Rośnie również wartość LOI (*loss of ignition*).

Tab. 2. Skład chemiczny osadów oznaczony metodą XRF

Table 2. Chemical composition of clay deposits identified using the XRF method

Składniki Components	BI2	BII15	BII19	BII24	G1	G2	G5	KI8	KII11	KII2	KII8	L1	Ot1	Ot3	Ot6
SiO_2 (%)	73,82	56,73	56,97	81,69	65,72	72,73	62,75	61,75	60,06	59,49	58,79	62,48	68,17	66,38	55,92
Al_2O_3 (%)	10,10	18,83	18,71	8,68	15,08	13,78	17,02	17,42	19,00	18,35	18,87	17,37	15,11	16,41	14,17
Na_2O (%)	0,27	0,13	0,12	0,39	0,11	0,08	0,08	0,19	0,11	0,27	0,11	0,14	0,38	0,12	0,20
K_2O (%)	1,74	2,86	2,81	1,35	2,22	0,87	1,65	2,95	2,72	2,95	2,77	2,45	2,76	2,61	2,53
Fe_2O_3 (%)	5,92	7,97	8,49	2,79	7,96	3,98	6,51	6,51	7,09	7,01	7,05	7,46	4,11	5,36	9,93
CaO (%)	0,53	1,19	0,65	0,36	0,58	0,60	0,79	0,54	0,73	0,79	0,66	0,77	0,62	0,60	3,54
MgO (%)	0,74	1,75	1,72	0,55	1,06	0,76	1,08	1,92	1,62	1,97	1,71	1,46	1,53	1,58	1,94
MnO (%)	0,36	0,07	0,08	0,02	0,15	0,02	0,07	0,06	0,04	0,06	0,06	0,14	0,02	0,02	0,29
TiO_2 (%)	0,59	0,81	0,85	0,60	0,80	0,99	0,93	0,97	0,89	0,92	0,88	0,93	0,90	0,97	0,80
P_2O_5 (%)	0,05	0,13	0,12	0,05	0,11	0,06	0,06	0,08	0,05	0,11	0,06	0,14	0,07	0,08	0,26
LOI (%)	5,41	8,77	8,58	3,38	7,13	6,06	8,90	6,97	7,69	7,16	8,17	7,37	5,45	6,44	9,53
Sum (%)	99,66	99,38	99,23	10 0,00	10 1,00	10 0,00	99,99	99,51	10 0,10	99,23	99,29	10 0,90	99,26	10 0,70	99,27
CIA	74,43	76,81	80,12	74,76	79,71	86,16	83,07	78,47	80,20	77,41	80,30	79,45	80,07	79,03	59,94

Badane osady zostały zubożone zarówno w Ca, Na, K, Mn, jak i Ti, obserwuje się natomiast wzrost zawartości Al i Fe, rośnie też wartość LOI. Ubytek pierwiastków jest skutkiem rozpadu skaleni, natomiast wzbogacenie może być wynikiem formowania się minerałów wtórnych, takich jak minerały ilaste oraz tlenki i wodorotlenki Fe.

W celu ilościowego określenia stopnia wietrzenia obliczono wartości wskaźników wietrzenia — CIA (*chemical alteration index*) i CIW (*chemical weathering index*). Wartość CIA obliczono według wzoru (Nesbitt & Young, 1982):

$$CIA = [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O)] \times 100$$

Wartości CIA od 85 do 100 są typowe dla rezydualnych ilów. Wartości około 100 odpowiadają kaolinitowi i chlorytowi, natomiast 70 do 75 są wartościami średnimi dla łupków (Taylor & McLennan, 1995). W badanych osadach wartości CIA zawierają się w granicach od 59,9 w osadach piaszczystych do 91 w osadach ilastych, średnia z 65 analiz wynosi 75,7. Dużą zmienność obserwuje się w osadach ze złoża Brzostów i Ostrzeszów (średnio odpowiednio 71 i 73); natomiast najwyższe wartości CIA obserwuje się w osadach złoża Góra (średnio 82), które odznaczają się udziałem kaolinitu, skaleni oraz śladowo chlorytu (tab. 1).

Indeks wietrzenia CIW (nie uwzględniono w nim potasu) obliczono według wzoru (Harnois, 1988):

$$CIW = [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O)] \times 100$$

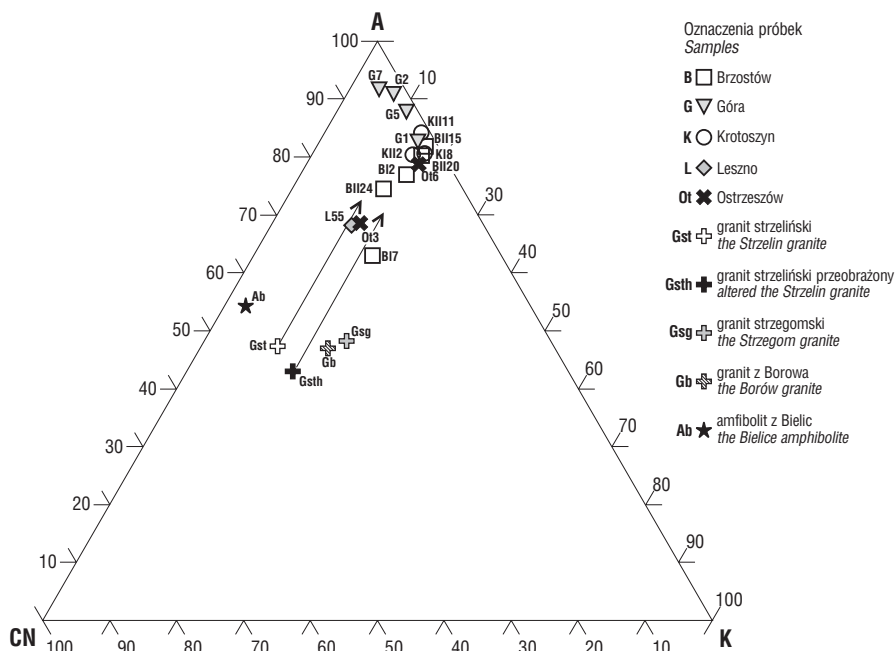
Wartość CIW zmienia się w badanych osadach od 68 do 93. Najwyższymi wartościami CIW (90 i więcej) odznaczają się osady ze złoża Góra (eksploatowanego okresowo), natomiast najniższymi (CIW średnio 81) osady z II

poziomu eksploatacyjnego z Brzostowa. Większość zbadanych osadów odznacza się wartościami CIW 81–83, które zawierają się w granicach wartości średnich dla osadów ilastych (Rollinson, 1993).

Duzgoren-Aydin i in. (2002) oraz Price & Velbel (2003) dowodzą, że wartości CIW są zależne zarówno od ilości minerałów ilastych, jak i od obecności tlenków i wodorotlenków żelaza. Spośród badanych utworów wyodrębniają się osady złoża Góra, które mają najwyższe wartości wskaźników wietrzenia CIA i CIW. Nie wyróżniają się pod względem zawartości Fe, lecz pod względem zawartości skaleni, a we frakcji ilastej przewagą kaolinitu oraz domieszkami chlorytu i muskowitu. Wartości indeksu CIA w badanych osadach zależą głównie od składu mineralnego, natomiast CIW zarówno od składu mineralnego, jak i lokalnych warunków wpływających na stopień utlenienia Fe.

Zawartość pierwiastków głównych może służyć do określania trendów wietrzenia oraz materiału wyjściowego osadów (Nesbitt & Young, 1996; Nesbitt i in., 1996).

Diagramy trójkątne wzajemnych zależności składników głównych: Al_2O_3 -($CaO^* + Na_2O$)- K_2O (A-CN-K) oraz Al_2O_3 -($CaO^* + Na_2O + K_2O$)- $Fe_2O_3 + MgO$ (A-CN-K-FM) wskazują na procesy intensywne wietrzenia omawianych osadów oraz ich silną homogenizację wskutek wietrzenia (ryc. 2). Wyróżniają się punkty odpowiadające osadom ze złoża Góra. Trendy ich wietrzenia wskazują na inne źródło bądź odrębne procesy wietrzenia. Mimo iż indeksy wietrzenia osadów z rdzenia i osadów powierzchniowych są zbliżone, to położenie punktów projekcyjnych różni się od większości zbadanych osadów. Może to być wynikiem nałożenia się procesów wietrzenia materiału, zachodzących przed i po jego depozycji. Na diagramie A-CN-K umieszczono wybrane analizy chemiczne skał, które mogły stano-



Ryc. 2. Diagram trójskładnikowy CIA (wg Nesbitta & Younga, 1982), Al_2O_3 -($CaO^* + Na_2O$)- K_2O (A-CN-K) — proporcje molowe. Zaznaczone punkty odpowiadają składowi chemicznemu zbadanych próbek. Zaznaczono skład chemiczny granitu strzelińskiego i z Borowa (wg Ciesielczuk, 2005), strzegomskiego (wg Drozdowicza i in., 2004) oraz amfibolitu (wg Stawikowskiego, 2005)

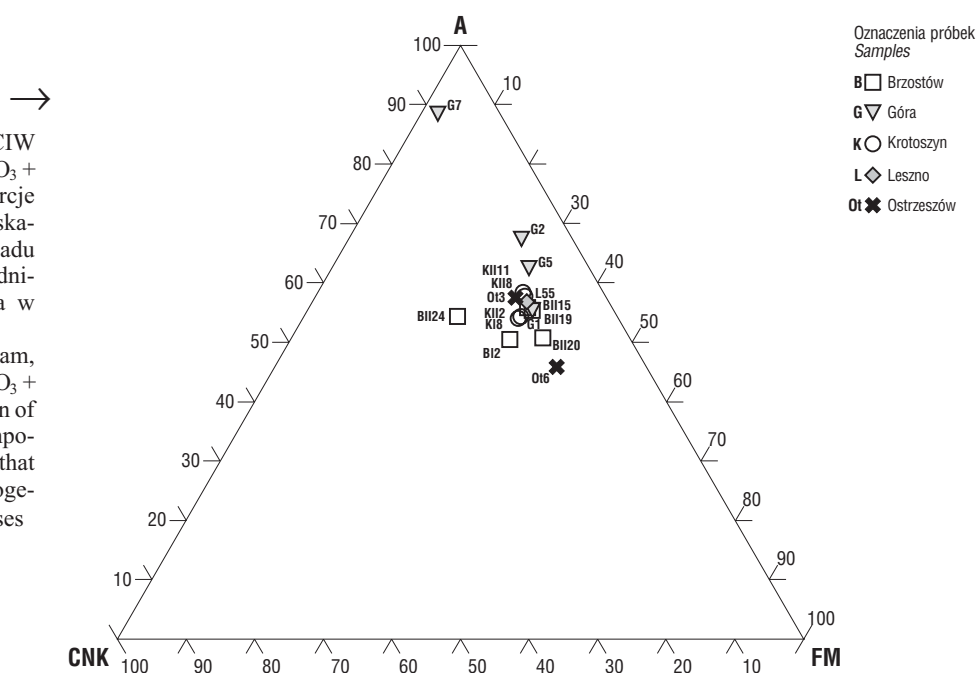
Fig 2. CIA ternary diagram (after Nesbitt & Young, 1982) Al_2O_3 -($CaO^* + Na_2O$)- K_2O (A-CN-K) — molar proportion. Points correspond to chemical composition of the samples. Dashed dots correspond to average chemical components of typical Sudetic rocks: Strzelin, and Borów granites (according to Ciesielczuk, 2005), Strzegom-Żbik granites (according to Drozdowicz and al., 2004) and amphibolites (according to Stawikowski, 2005)

z uwagi na wysoką zawartość CaO oraz na brak analiz CO_2 , trudno jest precyzyjnie określić zawartość CaO w węglanach. Wobec tego jeśli $CaO \leq Na_2O$ do obliczeń jest przyjmowana wartość CaO, jeśli natomiast $CaO > Na_2O$ (a tak jest w większości przypadków), przyjmuje się, że $CaO = Na_2O$ (Mc Lennan, 1993). Wartość CaO^ odpowiada jedynie ilości tego składnika w krzemianach

due to high CaO content and lack of CO_2 analyses an accurate determination of CaO in carbonates is difficult. If $CaO \leq Na_2O$, the CaO concentration is accepted, if $CaO > Na_2O$ (usually) $CaO = Na_2O$ is accepted (Mc Lennan, 1993). CaO^ corresponds only to the quantity of this component in silicate minerals

Ryc. 3. Diagram trójkątny CIW $Al_2O_3-(CaO^* + Na_2O + K_2O)-Fe_2O_3 + MgO$ (A-CNK-FM) — proporcje molowe; zaznaczone punkty wskazują na silną homogenizację osadu pod względem zawartości składników głównych, która powstała w wyniku procesów wietrzenia

Fig 3. CIW ternary diagram, $Al_2O_3-(CaO^* + Na_2O + K_2O)-Fe_2O_3 + MgO$ (A-CNK-FM), concentration of points (on account of main components concentration) indicates that sediments were intensely homogenised during weathering processes



Tab. 3. Analizy chemiczne skał sudeckich (według Ciesielczuk, 2005; Stawikowskiego, 2004 oraz Drozdowicza i in., 2004)
Table 3. Chemical analysis of rocks from the Sudetes Mountains (according to Ciesielczuk, 2005; Stawikowski, 2005; Drozdowicz et al., 2004)

Skład chemiczny <i>Chemical composition</i>	Granit Strzelin* <i>Strzelin granite*</i>	Granit zmieniony Strzelin* <i>Strzelin granite — altered*</i>	Granit Borów* <i>Borów granite*</i>	Amfibolit Bielice** <i>The Bielice amphibolite**</i>	Granit, Strzegom–Żbik*** <i>Strzegom–Żbik granite***</i>
SiO ₂	70,41	66,87	73,34	53,57	74,45
Al ₂ O ₃	15,13	15,96	13,32	18,38	13,03
Fe ₂ O ₃	2,69	1,85	2,48	6,97	2,19
MgO	0,80	0,44	0,19	4,57	1,22
CaO	2,61	3,74	1,42	8,09	0,23
Na ₂ O	4,32	4,14	4,14	4,26	3,39
K ₂ O	3,11	4,68	4,68	1,39	4,70

*wg Ciesielczuk, 2005 — according to Ciesielczuk, 2005

**wg Stawikowskiego, 2005 — according to Stawikowski, 2005

więc potencjalne źródło osadów ilastych: granitoidów, a także przykładowego, sudeckiego amfibolitu. Z analizy trendów wietrzenia wynika, że skałami wyjściowymi badanych osadów były skały kwaśne (granitoidy). Skład chemiczny badanych osadów dobrze odpowiada trendom wietrzenia granitów sudeckich, najlepiej tych pochodzących ze Strzelina, mniej z Borowa lub Strzegomia, a w przypadku złoża z odkrywki Góra — również trendom wietrzenia amfibolitów (ryc. 3, tab. 3).

Podsumowanie

1. W składzie mineralnym frakcji ilastych dominują smektyty, którym towarzyszą w zmiennych proporcjach kaolinit i illit. Jedynie w większości próbek złoża Góra przeważa kaolinit. Frakcja pyłowa i piaszczysta są zdominowane przez udział kwarcu, któremu towarzyszą domieszki skaleni oraz minerałów wtórnych: tlenków i wodorotlenków żelaza oraz węglanów.

2. Skład chemiczny górnej części ilów poznańskich zależy od składu mineralnego ilów. W osadach piaszczystych i pyłowych, o największej wartości stosunku SiO₂ do Al₂O₃, w składzie mineralnym dominuje kwarc. Im wartość stosunku jest mniejsza, tym bardziej wzrasta udział frakcji ilastych. Ilość Al₂O₃ jest zależna od stopnia zwietrzenia, czyli od obecności minerałów ilastych oraz związków żelaza. Obecność skaleni i smektytów warunkuje wysoką zawartość Mg, natomiast zawartość Fe jest związana z obecnością tlenków i wodorotlenków Fe, a także żelaza na drugim stopniu utlenienia (np. Fe smektyty).

3. Indeks wietrzenia CIA osiąga przeważnie wartości zgodne ze średnią dla osadów ilastych, różnice zależą od materiału wyjściowego oraz od lokalnych zmian w składzie mineralnym (zawartości tlenków i wodorotlenków Fe oraz składu frakcji ilastej). Indeks CIW potwierdza silną homogenizację osadów wskutek procesów wietrzenia, poza osadami z I poziomu złoża Brzostów oraz ze złoża Góra.

Osady złoża Góra odznaczają się najwyższymi wartościami CIA i CIW.

4. Diagram A-CN-K wskazuje na skały kwaśne do obojętnych (lub osady z nich pochodzące), które były wyjściowymi dla badanych osadów ilastych.

5. Zbliżone wartości indeksów wietrzenia w złożach i rdzeniu pozwalają stwierdzić ich wzajemne podobieństwo. Osady przeszły podobne procesy wietrzenia; ich cechy chemiczne ukształtowały się w takich samych warunkach.

6. Analizy pierwiastków śladowych oraz pierwiastków ziem rzadkich (w przygotowaniu) mogą potwierdzić i rozszerzyć powyższe wnioski.

Autorka uprzejmie dziękuje S. Dąbrowskiemu (*Hydroconsult*, Poznań) za udostępnienie osadów z rdzenia wiertniczego Leszno. Szczególnie dziękuję J. Czernikiewiczowi za pomoc w graficznym opracowaniu wyników oraz J. Trąbskiej za korektę językową. Badania przeprowadzono w ramach grantu KBN 3P04D 006 24.

Literatura

- BRAŃSKI P. 1994 — Możliwości wykorzystania ilów serii poznańskiej w ochronie środowiska. *Prz. Geol.*, 42: 446–449.
- BRAŃSKI P. 2002 — Iły formacji poznańskiej — kopaliny służące ochronie i rekonstrukcji środowiska naturalnego. *Prz. Geol.*, 50: 266.
- CIESIELCZUK J. 2005 — The interdependence of elements in the hydrothermally altered Strzelin and Borów granites. *Pr. Spec. PTMin.*, 26: 143–146.
- CIUK E. 1970 — Schematy litostratygraficzne trzeciorzędu Niżu Polskiego. *Kwart. Geol.*, 14: 754–771.
- DUZGOREN-AYDIN R.S., AYDIN A. & MALPAS J. 2002 — Re-assessment of chemical weathering indices: case study on pyroclastic rocks of Honk-Kong. *Engineering Geology*, 63: 99–119.
- DROZDOWICZ K., DĄBROWSKA J., GABAŃSKA B., IGIELSKI A., JANIK W., KRYNICKA E., KUROWSKI A., NIEDŹWIEDŹ K., WIĄCEK U. & WOŹNICKA U. 2004 — Sensitivity of the Thermal Neutron Time Decay to the Hydrogen Content in a Rock Sample, Instytut Fizyki Jądrowej PAN, Rept. No 1945PN, Kraków, 18. (www.ifj.edu.pl)
- DYJOR S. 1970 — Seria poznańska w Polsce Zachodniej. *Kwart. Geol.*, 14: 819–835.
- DYJOR S. 1982 — Rozwój sedymentacji i przebieg przeobrażeń osadów w basenie serii poznańskiej w Polsce. *Acta Universitatis Wratislaviensis*, 1354, Pr. Geol.-Miner., 26: 3–18.
- GAŚIEWICZ A. 2004 — Zawartość i skład izotopowy węgla organicznego z utworów formacji poznańskiej (miocen-pliocen) z rejonu Konina (środkowa Polska): sugestie paleośrodowiskowe i stratygraficzne. *Prz. Geol.*, 52: 519–526.
- GREENE-KELLY R. 1953 — The identification of montmorillonites. *J. Soil Science*, 4: 233–237.
- HARNOIS L. 1988 — CIW Index: a new chemical index of weathering. *Sedimentary Geology*, 55: 319–322.
- JACKSON M.L. 1975 — Soil chemical analysis. 2nd Edition, Published by the autor, Department of Soil Science. University of Wisconsin, Madison, Wis: 53706.
- KACZYŃSKI R. & GRABOWSKA-OLSZEWSKA B. 1997 — Soil mechanics of the potentially expansive clays in Poland. *Applied Clay Science*, 11: 337–355.
- KOZYDRA Z. & WYRWICKI R. 1970 — Surowce ilaste. *Wyd. Geol.*
- KUNKEL A. 1975 — Osady ilowe neogenu młodszego Wielkopolski środkowej świetle bibułowej chromatografii rozdzielczej. PTPN, Warszawa-Poznań.
- Mc LENNAN S.M. 1993 — Weathering and global denudation. *J. Geology*, 101: 295–303.
- NYAKAIRU G.W.A. & KOEBERL C. 2001 — Mineralogical and chemical composition and distribution of rare earth elements in clay-rich sediments from central Uganda. *Geochemical J.*, 35: 13–28.
- NESBITT H.W. & YOUNG G.M. 1996 — Petrogenesis of sediments in the absence of chemical weathering: effects on abrasion and sorting on bulk composition and mineralogy. *Sedimentology*, 43: 341–358.
- NESBITT H.W., YOUNG G.M., McLENNAN S.M. & KEAYS R.R. 1996 — Effects on chemical weathering and sorting on the petrogenesis on siliciclastic sediments, with implications for provenance studies. *J. Geology*, 104: 525–542.
- PIWOCKI M. 2002 — Ewolucja poglądów na stratygrafię utworów formacji poznańskiej na Niżu Polskim. *Prz. Geol.*, 50: 255.
- PIWOCKI M. & ZIEMBIŃSKA-TWORZYDŁO M. 1995 — Litostratygrafia i poziomy sporowo-pyłkowe neogenu na Niżu Polskim. *Prz. Geol.*, 43: 916–927.
- PIWOCKI M., BADURA J. & PRZYBYLSKI B. 2004 — Neogen. [W:] Peryt T. & Piwocki M. (red.), *Budowa geologiczna Polski*: 71–118.
- PRICE R.P. & VELBEL M.A. 2003 — Chemical weathering indices applied to weathering profiles developed on heterogeneous meta-morphic parent rocks. *Chemical Geology*, 202: 397–416.
- RATAJCZAK T. 1991 — Studium geologiczno-mineralogiczne skał towarzyszących węglom brunatnym w niektórych złożach Polski. *Pr. Własne Inst. Geol. Sur. Miner.*, AGH, 29: 1–93.
- RATAJCZAK T. 2001 — Minerale ilaste w różnobarwnych odmianach skał występujące nad pokładem węgla brunatnego w rejonie Konina. *Górnictwo Odkrywkowe, Z. Nauk. AGH, Geologia*, 18: 117–130.
- ROLLINSON H. 1993 — Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation: 352.
- STAWIKOWSKI W. 2005 — Historia deformacji i metamorfizmu w strefach kontaktu eklogitów z gnejsami w metamorfiku Śnieżnika. *Archiwum Wydz. Nauk Geogr. i Geolog. UAM*.
- SZYSZŁO D. 1967 — Własności fizyczno-mechaniczne facji ilastej ilów poznańskich (plioceńskich na tle ich litologii). *Biul. Geol.*, 9: 51–127.
- TAYLOR S.R. & Mc LENNAN S.H. 1995 — The geochemical evolution of the continental crust. *Rev. Geophysics*, 33: 241–265.
- TROĆ M. & SADOWSKA A. 2006 — Wiek utworów formacji poznańskiej rejonu Poznania. *Prz. Geol.*, 54: 588–593.
- WALKIEWICZ Z. 1984 — Trzeciorząd na obszarze Wielkopolski. *Zesz. Nauk. UAM w Poznaniu, Ser. Geologia*, 10: 28–61.
- WICHROWSKI Z. 1981 — Studium mineralogiczno-geochemiczne ilów serii poznańskiej. *Arch. Mineral.*, 37: 93–194.
- WIEWIÓRA A. & WYRWICKI R. 1974 — Minerale ilaste poziomu ilów płomienistych. *Kwart. Geol.*, 20: 615–635.
- WIEWIÓRA A. & WYRWICKI R. 1976 — Beidelit osadów serii poznańskiej. *Kwart. Geol.*, 20: 331–341.
- WYRWICKI R. 1975 — Skład mineralny a własności surowcowe pstrych ilów poznańskich. *Kwart. Geol.*, 3: 633–647.

Praca wpłynęła do redakcji 10.08.2006 r.

Akceptowano do druku 25.04.2007 r.