JAN KUHL

NIEKTÓRE WŁASNOŚCI FIZYCZNO-MECHANICZNE SKAŁ KARBOŃSKICH GÓRNEGO ŚLĄSKA

WSTĘP

W ciągu paroletnich badań skał towarzyszących pokładom węgla Zagłębia Górno-śląskiego prowadzonych w ramach G.I.G. z inicjatywy prof. Krupińskiego stwierdziłem na podstawie badań petrograficznych materiałów zebranych z 32 kopalń, że skały te bez względu na swe pochodzenie morskie czy lądowe oraz bez względu na wiek dadzą się podzielić na 7 zasadniczych grup, a mianowicie:

grupa I skały węglowe,
„ II skały ilaste,
„ III mułkowce,
„ IV piaskowce,
„ V żwirowce,
„ VI skały wapienne,
„ VII tufity.

W poszczególnych grupach wyróżniono ponadto klasy i podklasy (4). Przy podziale na grupy kierowano się z jednej strony wielkością ziarn poszczególnych minerałów w tych skałach, a przede wszystkim kwarcu, z drugiej zaś strony jakością tych minerałów. Klasy i podklasy w poszczególnych grupach skał ustalono na podstawie odmiennego składu mineralnego i chemicznego, a także i różnicy w wielkości ziarn, które wpływają na zmianę fizyczno-mechanicznych własności danych skał.

Przeprowadzone badania wykazały, że od wielkości ziarn, składu mineralnego i od sposobu ułożenia poszczególnych składników w danej skale zależą nie tylko takie własności fizyczne, jak: ciężar właściwy, ciężar objętościowy, porowatość, nasiąkliwość wodą, lecz także wytrzymałość na ściskanie i łamanie. Wykazano również, że ściskanie i łamanie zależą od jakościowego i ilościowego stosunku spoiwa do innych składników w danej skale.

Obserwacje bardzo licznych preparatów mikroskopowych ze skał karbońskich wykazały, że skały te przeszły proces diagenezy, w czasie której powstały nowe minerały, jak: kwarc (czasem chalcedon), skalenie, minerały węglanowe, piryt, a następnie uległy metamorfozie. W żadnym jednak punkcie Zagłębia Górnego Śląska nie wystąpiła dynamometamorfoza (często zwana dynamometamorfozą regionalną). W procesie metamorfozy nastąpiło tylko pofałdowanie oraz utworzenie większych lub mniejszych linii dyslokacyjnych. Że w czasie tej metamorfozy, jakiej uległy osady karbońskie Górnego Śląska, nie powstały wyższe temperatury i ciśnienia, świadczy choćby ten fakt, że dotychczas nie natrafiono nigdzie w nich na antracyt. Wedle Krevelena (2) do tworzenia się antracytu potrzebna była temperatura przynajmniej 130°C, głębokość przynajmniej 3600 m i czas trwania przynajmniej 500 000 lat. Inni autorzy (3) uważają, że temperatura, w której tworzył się antracyt, mogła wynosić nawet od 350° do 600°C.

Rozpoczęte w Głównym Instytucie Górnictwa badania wykażą, w jakim stopniu skład mineralny i chemiczny skał, ich wytrzymałości na ściskanie, łamanie, ciągnienie mają wpływ na takie własności skał, jak: zwiercalność, udarność, ścieralność, rozsadzalność oraz na współczynnik tarcia wewnętrznego. Zasadniczo oznaczanie wszystkich wymienionych fizyczno-mechanicznych własności skał ma jeden wspólny cel, jakim jest oznaczenie stopnia ich twardości, która znowu decyduje o ich urabialności. Brak metody pozwalającej określić w sposób bezpośredni twardość skał zmusza do wyrażenia jej w sposób pośredni. Dlatego też powszechne zainteresowanie wzbudza praca P. Grodzińskiego (3), starającego się wykazać zależność między wytrzymałością na rozrywanie danej skały a jej twardością.

GRUPA I: SKAŁY WĘGLOWE

Przez skały węglowe należy rozumieć takie skały, w których występuje obok minerałów płonnych substancja węglowa — humusowa lub bitumiczna. Zależnie od ilości substancji węglowej, skały węglowe bywają palne i niepalne.

W skałach węglowych wyróżniamy dwie klasy, a mianowicie: klasa 1 — łupki węglowe i klasa 2 — łupki sapropelowe.

KLASA 1 — ŁUPKI WĘGLOWE

Przez łupki węglowe należy rozumieć skały zbudowane z naprzemianlegle spoczywających na sobie warstewek skały płonnej i węgla, przy czym zarówno warstewki węgla, jak i skały płonnej są rozpoznawalne makroskopowo.

Barwa łupków węglowych jest szaroczarna lub czarna. Łupki węglowe występują przeważnie w stropie pokładów węgla, choć zdarzają się także często i w spągu pokładów. Skały te zwykle nie tworzą grubszych kompleksów. Miąższość ich warstw waha się w granicach od 5 do 50 cm, rzadziej dochodzi do 100 cm. W górnictwie łupki węglowe nazywa się pospolicie przerostami. Przerosty, w których zawartość substancji węglowej wynosi ok. 30%, są palne.

Skład mineralny warstewek płonnych w łupkach węglowych jest niejednolity. W łupkach towarzyszących jednym pokładom warstewki płonne zbudowane są przeważnie z kaolinitu z pewną domieszką kwarcu, zaś w łupkach z innych pokładów, w warstewkach płonnych dominuje obok kaolinitu syderyt lub ankeryt.

Własności fizyczno-mechaniczne łupków węglowych:

1. Ciężar właściwy od 1,45 do 2,20 (najczęściej 1,50 — 1,70).
2. Nasiąkliwość wodą od 0,16 do 3,0%.
3. Wytrzymałość na ściskanie od 101 do 565 kg/cm², średnia ok. 250 kg/cm².

Podklasa a: iły węglowe. Przez iły węglowe należy rozumieć skały węglowe, w których substancja węglowa pochodzenia humusowego jest bardzo rozdrobniona i tak wymieszana z substancją płonną, że wyróżnienie ich obok siebie okiem nieuzbrojonym jest rzeczą niemożliwą.

Iły węglowe, podobnie jak łupki węglowe, mogą być palne i niepalne. W iłach węglowych wyróżniamy dwie odmiany, mianowicie:

1) iły szklistoczarne, o budowie łuskowatej, bez wyraźnego uławicenia;

2) iły matowoczarne, o budowie warstwowanej.

Iły szklistoczarne nie należą do skał spotykanych często w karbonie, w grubych kompleksach. Spotyka się je w pewnych poziomach warstw gruszowskich, rudzkich, orzeskich. Substancję płonną w tych skałach stanowi w głównej mierze kaolinit pomieszany z serycytem i chlorytem oraz kwarc o wielkości ziarn od 0,005 do 0,05 mm. Minerały te tworzą ił plastyczny, lecz nie pęczniejący. Substancję węglową reprezentuje w tych skałach tzw. substancja nieprzezroczysta (opakowa), w której tkwią ciała żywiczne oraz spory.

Ciężar właściwy iłów szklistoczarnych wynosi od 1,58 do 2,10. Wykonanie oznaczeń innych własności fizyczno-chemicznych tych iłów, np. ciężaru objętościowego, wytrzymałości na ściskanie lub łamanie było niemożliwe, ponieważ iły te rozsypują się bardzo łatwo wzdłuż powierzchni łusek nawet przy bardzo słabym uderzeniu. Jeżeli opisywane iły występują w bezpośrednim stropie pokładu i w większej miąższości, wtedy strop taki jest z zasady słaby i bardzo trudny do utrzymania.

Iły matowoczarne wykazują budowę warstwową, tworząc ławice o grubości od 5 do 40 cm, czasami do 1 m. Substancją płonną w tych iłach jest zasadniczo kaolinit, obok którego występują nieraz w dużej ilości węglany żelaza i wapnia (syderyt albo ankeryt). W skład substancji węglowej wchodzi substancja opakowa lub mikrynit, spory oraz ciała żywiczne. Iły te są bardzo często palne. Występują one zwyczajnie w stropach pokładów i dla pewnych pokładów, np. dla pokładu 507 stanowią poziomy przewodnie na dużym obszarze zagłębia, gdzie spoczywają one nad łupkami sapropelowymi. Iły te znane są także z niektórych pokładów warstw jaklowieckich i gruszowskich, a także rudzkich (pokład 407).

Własności fizyczno-mechaniczne iłów matowoczarnych:

1. Ciężar właściwy od 2,189 do 2,412.
2. Ciężar objętościowy od 2,078 do 2,357.
3. Nasiąkliwość wodą 5,37%.
4. Wytrzymałość na ściskanie od 280 do 430 kg/cm².

Podklasa b: iły węglowe pęczniejące. Iły węglowe pęczniejące różnią się tym od iłów poprzednio opisanych, że minerały ilaste, które wchodzą w ich skład, reprezentowane są przez montmorylonit ($Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 2H_2O \cdot nH_2O$) i illit ($2K_2O \cdot 3(Mg,Fe^{2+})\ 0{,}8\ (Al,Fe^{3+})_2\ O_3 \cdot 24SiO_2$), a więc minerały mające własności pęcznienia.

Iły pęczniejące znane są przeważnie jako przerosty w pewnych pokładach węgla, których grubość nie przekracza 10 cm. Iły te występują również w stropach i spągach niektórych pokładów w postaci warstewek nie przekraczających grubości 4 do 8 cm (spąg pokładu 327, kop. Wesoła).

Iły pęczniejące miękną bardzo szybko pod wpływem wilgoci powietrza, stają się coraz bardziej plastyczne, tworząc w końcu płynny muł. Iły te zanurzone do wody tworzą po kilku minutach roztwór zawiesinowy.

Ciężar właściwy iłów pęczniejących waha się od 1,902 do 2,192. Inne własności fizyczno-mechaniczne tych iłów są bardzo trudne do oznaczenia.

KLASA 2 — IŁY SAPROPELOWE (ŁUPKI SAPROPELOWE, SAPROPELITY)

Iły sapropelowe, zwane inaczej sapropelitami, są w zasadzie iłami węglowymi, w których substancję węglową stanowi nie węgiel humusowy, lecz węgiel powstały przeważnie z takich substancji organicznych, które przed uwęgleniem podlegały procesowi gnicia. Węgiel powstały z substancji gnilnych nazywamy węglem sapropelowym albo sapropelem Wedle istniejących badań sapropel powstał z takich organizmów, jak: glony, algi — zawierające tłuszcze i woski, spory i tkanki roślin.

Zawartość substancji płonnych w sapropelitach wykazuje bardzo szerokie wahania od ok. 20 do ok. 58%. Sapropelity o niskiej zawartości substancji płonnej są po prostu węglami sapropelowymi. Kierując się rodzajem substancji organicznej, podzielono utwory sapropelowe na kennele i boghedy, przy czym należy zaznaczyć, że podział ten nie jest całkowicie pewny. Cz. Poborski (6) podaje, że kennele wcale nie zawierają alg albo tylko nieznaczne ich ilości. Boghedy zawierałyby więc algi bogate w tłuszcze i woski. Często sapropelity wykazują budowę pośrednią między kennelami a boghedami. Zwiemy je wtedy kennelo-boghedami albo boghedo-kennelami.

Występowanie sapropelitów jest dosyć częste w Zagłębiu Górnego Śląska. Znamy je zarówno w warstwach brzeżnych (obszar Rybnika, Chorzowa), jak i w siodłowych (obszar dąbrowski) oraz w rudzkich (pokł. 407). Sapropelity występują w ławicach grubości 10 — 80 cm. W obszarze Dąbrowy miąższość warstw węgli sapropelowych wynosi ok. 4 m. Sapropelity mają barwę czarną, o połysku tłustawym. Przełam ich jest muszlowy.

Własności fizyczno-mechaniczne sapropelitów:

1. Ciężar właściwy: 1,245; 1,365; 1,394; 1,650; 2,010; 2,200 (dwa pierwsze ciężary odnoszą się do węgli sapropelowych).
2. Ciężar objętościowy: 1,200; 1,298 (węgle sapropelowe); 1,355; 1,601; 1,741; 1,897.
3. Nasiąkliwość wodą: 0,03%.
4. Wytrzymałość na ściskanie: od 84 do 664 kg/cm² średnio 300 kg/cm².

GRUPA II: SKAŁY ILASTE

W karbońskich skałach ilastych zasadniczymi składnikami mineralnymi są następujące minerały ilaste: kaolinit, montmorylonit, illit, serycyt, rzadziej i to tylko w pewnych skałach ilastych (Nowa Ruda) występują: dykit, diaspor, bemit, hydrargilit. Poza piaskowcami skały ilaste są najważniejszymi skałami karbonu.

Podział skał ilastych na klasy okazał się bardzo trudny do przeprowadzenia. Podzieliłem je zasadniczo na dwie klasy. Do pierwszej zaliczyłem te skały ilaste, które w mniejszym czy w większym stopniu są plastyczne, do drugiej zaś te, które nie wykazują plastyczności, są to tzw. iły krystaliczne.

W skałach klasy 1 dominuje kaolinit. Klasę tę nazwałem iłami kaolinitowymi. Odpowiadają one skałom ogólnie nazywanym łupkami ilastymi lub iłowcami.

W klasie 1 wydzieliłem 4 podklasy na podstawie różnic w składzie mineralnym, który ma wpływ na własności fizyczno-mechaniczne skał.

KLASA 1 — IŁY KAOLINITOWE (ŁUPKI ILASTE, IŁOWCE)

Za iły kaolinitowe uważam te skały, w których kaolinit stanowi najmniej 70% wszystkich składników. Skały te są szare lub ciemnoszare. Występują one w ławicach, bardzo często bez wyraźnego uwarstwienia, stąd niesłuszne jest nazywanie ich zawsze łupkami. Iły te występują prawie z reguły bezpo

średnio w spągu pokładów węglowych, jednak spotyka się je również i w innych poziomach karbonu. Bardzo często tkwią w nich zwęglone korzenie roślin **(appendices stigmariae)**. W dotyku skały te są tłuste, przywierają do zwilżonych warg.

Ich skład chemiczny przedstawia następująca analiza:

SiO_2	51,01%
TiO_2	0,38 „
Al_2O_3	31,22 „
Fe_2O_3	0,87 „
FeO	0,40 „
MgO	0,91 „
CaO	0,84 „
Na_2O	0,31 „
K_2O	0,58 „
-110^0H_2O	1,50 „
$+110^0H_2O$	12,11 „
Suma	100,13%

Podana analiza przeliczona na składniki mineralne przedstawia się następująco:

serycyt	3,7%	molekularnych
albit	2,1	„
biotyt (chloryt)	6,8	„
kaolinit	78,1	„
kwarc (ziarna 0,005 — 0,05 mm)	9,1	„
minerały akcesoryczne	0,2	„
Suma	100,0%	molekularnych

Stałą domieszką w badanych iłach jak też i w innych skałach karbońskich jest detrytus węglowy.

Własności fizyczno-mechaniczne iłów kaolinitowych:

1. Ciężar właściwy 2,430 — 2,652.
2. Ciężar objętościowy 2,285 — 2,600.
3. Nasiąkliwość wodą 1,85 — 2,20%.
4. Wytrzymałość na ściskanie od 142 do 630 kg/cm², z tym że najczęściej powtarzające się wytrzymałości wahają się w granicach od 150 do 300 kg/cm². Średnia wytrzymałość na ściskanie wynosi 220 kg/cm².
5. Wytrzymałość na łamanie 35 — 90 kg/cm². Średnia ok. 49 kg/cm².

Podklasa a: Iły kaolinitowo-illitowe (Iły plastyczne). Iły kaolinitowo-illitowe wykazują wybitną plastyczność. Pod wpływem wody rozsadzają się. Roztwór zawiesinowy tworzą jednak znacznie trudniej niż iły pęczniejące. W składzie chemicznym iły kaolinitowo-illitowe wykazują znacznie więcej alkalii niż iły kaolinitowe. Różnica zaznacza się przede wszystkim w zawartości potasu (około 1 — 2%). Zawartość illitu wynosi w tych skałach ok. 16%. Obecności illitu należy przypisać dużą plastyczność tych skał. Iły kaolinitowo-illitowe spotyka się prawie we wszystkich poziomach karbonu, najczęściej występują one jednak w warstwach górno-rudzkich, orzeskich i łaziskich.

Własności fizyczno-mechaniczne iłów kaolinitowo-illitowych:

1. Ciężar właściwy 2,410 — 2,615.
2. Ciężar objętościowy 2,180 — 2,545.
3. Nasiąkliwość wodą jest trudna do ustalenia z powodu rozkładania się w wodzie tych skał.
4. Wytrzymałość na ściskanie 31 — 160 kg/cm². Średnia 68 kg/cm².
5. Wytrzymałość na łamanie 7 — 27 kg/cm². Średnia ok. 11 kg/cm².

Iły kaolinitowo-illitowe, podobnie jak iły kaolinitowe są ogniotrwałe. Ich stożek Segera wynosi 28/29.

Podklasa b: Iły kaolinitowo-albitowe. Iły kaolinitowo-albitowe zostały rozpoznane na drodze badań mikroskopowych. Mikroskopowo są one, praktycznie biorąc, nie do odróżnienia od innych skał ilastych. Ich ciężar właściwy wynosi od 2,558 do 2,623, zaś ciężar objętościowy od 2,401 do 2,480. Ciężary tych iłów są więc bardzo podobne do ciężarów iłów podklasy a.

Zawartość albitu w iłach kaolinitowo-albitowych waha się od 16 do 21%. Albit ten jest wtórnego pochodzenia. Inne własności fizyczno-chemiczne jak wytrzymałość na ściskanie i łamanie wykazują iły kaolinitowo-albitowe bardzo podobne do tychże własności wykazywanych przez iły podklasy c.

Podklasa c: Iły kaolinitowo-serycytowo-kwarcowe (łupki ilasto-piaszczyste). Iły kaolinitowo-serycytowo-kwarcowe są bardzo rozpowszechnione w karbonie. Barwa ich jest ciemnoszara. Skały te są zwięzłe, twarde i rozmakają w wodzie bardzo wolno. W dotyku są bardziej szorstkie niż iły kaolinitowe. W ich składzie mineralnym spotykamy obok kaolinitu, którego jest około 30%, serycyt (ok. 25%), chloryt (ok. 7%), kwarc (ok. 24%) oraz detrytus węglowy, którego ilość dochodzi nawet do 12%.

Własności fizyczno-mechaniczne:

1. Ciężar właściwy 2,540 — 2,680.
2. Ciężar objętościowy 2,420 — 2,605.
3. Nasiąkliwość wodą 0,9 — 3,0% (rzadziej do 4%).
4. Wytrzymałość na ściskanie 104 — 862 kg/cm² (około 63% badanych prób wykazało wytrzymałość w granicach od 200 do 400 kg/cm²). Średnia wytrzymałość: 320 kg/cm².
5. Wytrzymałość na łamanie 12 — 94 kg/cm². Średnia ok. 45 kg/cm².

Iły kaolinitowo-serycytowo-kwarcowe uważane są za dobre stropy górnicze. Występują one w ławicach grubości od 20 cm do paru metrów. Skały te są doskonałym surowcem do wyrobu cegły budowlanej i klinkierowej. Technologia produkcji z nich wyrobów ceramicznych jest nieco inna od technologii produkcji tych wyrobów z glin czwartorzędowych.

Podklasa d: Iły kaolinitowo-chlorytowo-syderytowe (łupki żelaziste). Iły kaolinitowo-chlorytowo-syderytowe spotyka się prawie w każdej grupie stratygraficznej karbonu, jednak w grupach 800, 700, 600, a następnie w grupie 300 (zwłaszcza w górnych pokładach tej grupy) występowanie ich jest szczególnie częste. Zewnętrznie skały te różnią się od dotychczas opisanych szaroczarną barwą i większym ciężarem. W dotyku są szorstkie i z tego powodu przy pobieżnej obserwacji uważać je można za mułkowce. Skały te występują w ławicach o grubości od 30 cm do 1 m i więcej. Wykazują zazwyczaj uwarstwienie. Często spotyka się w nich szarobrunatne smugi syderytowe.

W skład mineralny tych skał wchodzi obok kaolinitu, kwarcu, skalenia, chloru także syderyt, którego zawartość waha się od 11 do 14%. Zawartość chloru w tych skałach wynosi 10 do 20%.

Własności fizyczno-mechaniczne:

1. Ciężar właściwy 2,676—2,911.
2. Ciężar objętościowy 2,608—2,830.
3. Nasiąkliwość wodą 0,85—2,50%.
4. Wytrzymałość na ściskanie. Około 66% badanych prób wykazało wytrzymałość w granicach od 200 do 500 kg/cm². Najwyższa wytrzymałość do 868 kg/cm². Średnia 345 kg/cm².
5. Wytrzymałość na łamanie 22—121 kg/cm². Średnia 55 kg/cm².

Iły kaolinitowo-chlorytowo-syderytowe ze względu na znaczną ilość tlenków żelaza (8—12%) mogą wchodzić w rachubę jako surowce do wyrobów kamionkowych i klinkieru drogowego. Sprawa ta wymaga jednak przeprowadzenia odpowiednich prób.

KLASA 2 — IŁY KRYSTALICZNE (IŁY NIEPLASTYCZNE, ŁUPKI OGNIOTRWAŁE, ŁUPKI LATERYTOWE)

Iły krystaliczne, zwane też łupkami ogniotrwałymi albo łupkami laterytowymi, ilościowo biorąc nie zajmują poważniejszej pozycji w skałach karbońskich, jednak są one bardzo interesujące ze względu na swą genezę. Skały te są bardzo cenionym surowcem do wyrobów ogniotrwałych, wykazują bowiem stożek Segera 32, 33, 34, 34/35, 35 a czasem nawet 36. Zawartość Al_2O_3 wynosi w tych skałach w stanie surowym od ok. 30% do ok. 38%. W przeciwieństwie do opisanych dotychczas skał ilastych iły krystaliczne są nieplastyczne, jakkolwiek stwierdziłem na niektórych okazach tych skał rozpływanie się ich w płatkowatą zawiesinę opadającą na dno naczynia bez tworzenia zawiesinowego roztworu, jak to ma miejsce przy skałach pęczniejących.

Iły krystaliczne występują w pokładach węgla w postaci przerostów o grubości od 1 do 40 a nawet 50 cm. Przeciętna grubość tych przerostów wynosi 8—10 cm. Barwa tych skał jest szarobrunatna. Ciężar właściwy 2,289.

Badane w płytkach cienkich iły krystaliczne wykazują w głównej swej masie budowę skrytokrystaliczną lub nawet bezpostaciową. W tej masie znajdują się często kryształy robaczkowato wykształconego kaolinitu albo lewerierytu, obok których wykrystalizowały nowe minerały, bardzo trudne do zidentyfikowania (skalenie?). W iłach tych z niektórych ich wystąpień, spotykamy kwarc, nawet w znaczniejszej ilości. W iłach z innych miejscowości spotyka się kwarc tylko w minimalnych ilościach.

Iły krystaliczne znamy dotychczas z dwóch poziomów stratygraficznych: w grupie orzeskiej i w grupie łaziskiej. W grupie orzeskiej znane są one w kilku kopalniach. W grupie łaziskiej zasięg występowania iłów krystalicznych jest bardzo duży, bo od Sierszy do Lędzin. Posiadam dostateczną podstawę, aby twierdzić, że iły krystaliczne tworzą horyzonty przewodnie w naszym zagłębiu węglowym i wedle nich trzeba będzie przeprowadzić korekturę w identyfikacji pokładów.

Zebrany materiał jest niezwykle instruktywny pod względem geochemicznym. Śledzimy w nim bowiem w sposób klasyczny przekształcanie się biotytów aż do końcowej formy, jaką jest lewerieryt czy kaolinit.

Praca nad iłami krystalicznymi jest w toku. Znaczna ilość analiz chemicznych pozwoli czytelnikom zapoznać się ze zmianami, jakie zachodzą w omawianych skałach po ich rozciągłości. Praca ta ma również za zadanie wykazać, czy istnieje i jakie podobieństwo omawianych iłów do tzw. łupków ogniotrwałych i argilitów z Nowej Rudy.

GRUPA III: MUŁKOWCE (ŁUPKI PIASZCZYSTE, ALEURYTY)

Przez mułkowce należy rozumieć skały, w których poważny odsetek składników mineralnych stanowi kwarc o wielkości ziarn od 0,005 do 0,1 mm (0,15 mm), z tym że przeważają w nich ziarna od 0,05 do 0,1 mm. Zawartość kwarcu w mułkowcach waha się od 20 do 40%. Mułkowce, poza piaskowcami i skałami ilastymi, należą do najbardziej rozpowszechnionych skał w karbonie. W grupach warstw 800, 700, 600, 300 stanowią one element dominujący.

Jako składniki mineralne mułkowców należy wymienić poza kwarcem: skalenie (potasowe i sodowe), miki (muskowit, biotyt), chloryt, kaolinit i minerały węglanowe (kalcyt, dolomit, ankeryt).

Mułkowce, w których skład wchodzą kwarc, kaolinit, chloryt, występują najczęściej i należy je uważać za normalne. Mułkowice tworzą osobną klasę.

KLASA 1 — MUŁKOWCE NORMALNE

Mułkowce normalne wyróżnia się makroskopowo od skał ilastych zapiaszczonych, czyli tzw. łupków ilastopiaszczystych, na podstawie większej szorstkości, pochodzącej od grubszych ziarn kwarcu, wyraźnego uwarstwienia oraz nieco jaśniejszej barwy. Bardzo często mułkowce wykazują budowę pasiastą, przy czym naprzemianlegle jedne pasy są ciemniejsze, inne natomiast jaśniejsze. Ciemniejsza barwa pasów pochodzi od większych nagromadzeń w nich detrytusu węglowego oraz minerałów ciemnych jak biotyt, chloryt. Mułkowce występują w ławicach o grubości 30—40 cm, tworzących kompleksy o grubości kilku, a nawet kilkunastu metrów.

Własności fizyczno-mechaniczne mułkowców normalnych:

1. Ciężar właściwy 2,529—2,785.
2. Ciężar objętościowy 2,432—2,698. Mułkowce o wyższych ciężarach mają w swym składzie większą zawartość chlorytu, występuje w nich pewna ilość węglanów, np. ankerytu lub syderytu.
3. Nasiąkliwość wodą 0,1—1% (rzadziej do 3%).
4. Wskaźnik porowatości p (obliczony ze wzoru $p = \frac{w-o}{w}$, gdzie w oznacza ciężar właściwy, o — ciężar objętościowy) 0,006—0,015 (rzadziej 0,028).
5. Wytrzymałość na ściskanie 83—1237 kg/cm². W 74% badanych prób wytrzymałości wahały się w granicach od 200 do 600 kg/cm². Średnia wytrzymałość wynosi 450 kg/cm².
6. Wytrzymałość na łamanie 32—172 kg/cm². Średnia 93 kg/cm². Mułkowce należą do bardzo dobrych skał stropowych.

Podklasa: mułkowce syderytyczne. Mułkowce syderytyczne zawierają w swym składzie obok kwarcu, kaolinitu i chlorytu znaczne ilości syderytu, dochodzące do 27%. Syderyt tworzy w tych skałach wypełnienia między chlorytem a kaolinitem lub kwarcem. Mułkowce syderytyczne różnią się od normalnych czarnoszarą barwą, nie wykazują pasiatej budowy oraz posiadają wyższe ciężary właściwe i objętościowe. Skały te znamy z warstw 800, 600, a także widzimy je w towarzystwie pokładów 505, 506.

Własności fizyczno-mechaniczne mułkowców syderytycznych:

1. Ciężar właściwy 2,789—3,020.
2. Ciężar objętościowy 2,690—2,930.
3. Nasiąkliwość wodą 0,08—0,67% (rzadziej 1,5%).
4. Wskaźnik porowatości 0,005 do 0,010.
5. Wytrzymałość na ściskanie 147—1029 kg/cm². Średnia 470 kg/cm².
6. Wytrzymałość na łamanie 125 do 178 kg/cm². Średnia 152 kg/cm².

Z podanych powyżej wytrzymałości wynika, że mułkowce syderytyczne są wytrzymalsze zarówno na ściskanie, jak i na łamanie.

GRUPA IV: PIASKOWCE

Piaskowce są skałami występującymi najczęściej w karbonie. Przez piaskowce należy rozumieć skały, w których wielkość ziarn kwarcu, tj. ich głównego składnika, waha się od 0,1 do 2 mm.

Ze zmianą wielkości ziarn w piaskowcach występują nie tylko zmiany w ich składzie mineralnym, lecz także w ich własnościach fizyczno-mechanicznych. Po przebadaniu paruset próbek piaskowców stwierdziłem, że wyraźniejsze zmiany w ich własnościach fizyczno-mechanicznych występują przy następujących wielkościach ziarn: 0,1—0,3; 0,3—0,5; 0,5—1,0; 1,0—2,0 mm. Taki sam podział piaskowców przyjął już dawno K. Terzaghi (8) jak również Oddział Zdjęć Czwartorzędu Instytutu Geologicznego ZSRR.

Biorąc za podstawę podane wyżej granice wielkości ziarn, podzieliłem piaskowce na 4 klasy, a mianowicie:

klasa 1: piaskowce bardzo drobnoziarniste (ziarna od 0,1 do 0,3 mm),

klasa 2: piaskowce drobnoziarniste (ziarna od 0,3 do 0,5 mm),

klasa 3: piaskowce średnioziarniste (ziarna od 0,5 do 1,0 mm),

klasa 4: piaskowce gruboziarniste (ziarna od 1,0 do 2,0 mm).

KLASA 1 — PIASKOWCE BARDZO DROBNOZIARNISTE

Piaskowce bardzo drobnoziarniste występują prawie we wszystkich grupach pokładów. Tworzą one ławice o wyraźnym uwarstwieniu. Barwa ich jest szara lub ciemnoszara, zależnie od zawartości w nich detrytusu węglowego i minerałów ciemnych (biotyt, chloryt). Z powodu bardzo subtelnego uwarstwienia, jakie piaskowce te wykazują, można je pomylić dość łatwo z mułkowcami.

W skład mineralny piaskowców bardzo drobnoziarnistych wchodzą obok kwarcu skalenie potasowe i sodowe oraz drobne ilości miki. Spoiwo w tych piaskowcach jest różnorakie, a mianowicie: kaolinitowe, kaolinitowo-kwarcowe (wtórnie powstały kwarc), kaolinitowo-węglanowe, żelaziste w postaci limonitu lub getytu oraz pirytowe.

W niektórych piaskowcach występuje znaczna ilość skaleni, dochodząca do 20%. Są to więc piaskowce typu arkozowego. Węglany, które występują w spoiwie tych piaskowców, są najczęściej żelazawe (syderyt), wapienno-żelazawe (ankeryt) i wapienno-magnezowe (dolomit). Spoiwo kalcytowe jest stosunkowo rzadkie. Zawartość kwarcu w tych piaskowcach wynosi od ok. 27 do ok. 50%.

Własności fizyczno-mechaniczne piaskowców bardzo drobnoziarnistych:

1. Ciężar właściwy 2,542—2,785.
2. Ciężar objętościowy 2,340—2,648.
3. Nasiąkliwość wodą 0,50—4,51% (rzadko do 6%).
4. Wskaźnik porowatości 0,007—0,025.
5. Wytrzymałość na ściskanie: ok. 77% badanych próbek wykazało wytrzymałość w granicach od 200 do 800 kg/cm². Średnia wytrzymałość 700 kg/cm².
6. Wytrzymałość na łamanie 45—165 kg/cm². Średnia 102 kg/cm².

Podklasa: piaskowce miałkoziarniste wapienno-dolomityczne lub syderytyczno-dolomityczne. Piaskowce bardzo drobnoziarniste wapienno-dolomityczne lub syderytyczno-dolomityczne nie tworzą grubszych kompleksów warstw. Znamy je w ławicach o miąższości 20—30 cm, wyjątkowo dochodzących do 1 m, a bardzo rzadko do 2 m.

W spoiwie tych piaskowców występują minerały węglanowe, stanowiące więcej niż połowę wszystkich innych składników, tak że piaskowce te można nazwać również dobrze piaszczystymi wapieniami dolomitycznymi albo piaszczystymi dolomitami syderytycznymi. Piaskowce opisywane znamy z grupy 600 oraz z grupy 400.

Własności fizyczno-mechaniczne:

1. Ciężar właściwy 2,902—3,151.
2. Ciężar objętościowy 2,765—2,802.
3. Nasiąkliwość wodą 0,38—0,81%.
4. Wskaźnik porowatości 0,004—0,013.
5. Wytrzymałość na ściskanie 584—1427 kg/cm².
6. Wytrzymałość na łamanie 108—227 kg/cm².

KLASA 2 — PIASKOWCE DROBNOZIARNISTE

W piaskowcach drobnoziarnistych spotykamy składniki mineralne w formie pojedynczych ziarn albo w postaci okruchów skał pierwotnych. W piaskowcach tych często spotyka się dużo ciemnych składników skał pierwotnych, jak: biotyt, chloryt, amfibol. Piaskowce takie nazywa się szarogłazami. Z przeprowadzonych przeze mnie badań wynika, że bardzo poważna ilość piaskowców karbońskich, to piaskowce szarogłazowe. Piaskowce szarogłazowe dominują przede wszystkim w warstwach brzeżnych. Często piaskowce szarogłazowe zawierają również znaczne ilości skaleni (ponad 20%), tak że nazywać je należy piaskowcami szarogłazowo-arkozowymi. Zawartość kwarcu w piaskowcach drobnoziarnistych waha się od ok. 20 do ok. 72%.

Własności fizyczno-mechaniczne piaskowców drobnoziarnistych:

1. Ciężar właściwy 2,578—2,785.
2. Ciężar objętościowy 2,349—2,680.
3. Nasiąkliwość wodą 0,6—5,94% (rzadziej do 7,5%).
4. Wskaźnik porowatości 0,005—0,020.
5. Wytrzymałość na ściskanie od 105 do 2193 kg/cm². Średnia 750 kg/cm².
6. Wytrzymałość na łamanie 43—195 kg/cm². Średnia 110 kg/cm².

Podklasa: piaskowce drobnoziarniste dolomityczne lub ankerytowo-dolomityczne. Piaskowce drobnoziarniste dolomityczne lub ankerytowo-dolomityczne stwierdziłem w stropie pokładu 505 w kop. Sośnica, w stropie pokładu 501 w kop. Kleofas i w stropie pokładu 408 w kop. Makoszowy. W spoiwie tych piaskowców jest dolomit lub ankeryt i dolomit, które przeważają nad innymi składnikami, jak: kwarc, skalenie itd. Piaskowce te odznaczają się bardzo dużą twardością i urabiają się bardzo trudno. Zewnętrznie przypominają one kwarcyty.

Własności fizyczno-mechaniczne drobnoziarnistych piaskowców dolomitycznych:

1. Ciężar właściwy 2,867—2,897.
2. Ciężar objętościowy 2,701—2,785.
3. Nasiąkliwość wodą 0,38—0,68%.
4. Wskaźnik porowatości 0,005—0,009.
5. Wytrzymałość na ściskanie 1017—2193 kg/cm².
6. Wytrzymałość na łamanie 132—237 kg/cm².

KLASA 3 — PIASKOWCE ŚREDNIOZIARNISTE

Wśród piaskowców średnioziarnistych przeważają piaskowce arkozowe lub szarowakowo-arkozowe. Piaskowce te znane są w grupie 600, szeroko rozpowszechnione są w warstwach siodłowych, dolnorudzkich, górnoorzeskich, łaziskich i libiąskich. W niektórych poziomach stratygraficznych warstw łaziskich piaskowce średnioziarniste tworzą kompleksy o grubości kilkudziesięciu metrów. Okruchy skał spotykane w tych piaskowcach pochodzą ze skał krystalicznych, tj. skał magmowych oraz orto- i parałupków. Skały te opisałem w r. 1952 („Przegląd Górniczy" nr 7/3 1952). Opis mój odnosi się do skał występujących przede wszystkim w centralnej części zagłębia. M. Turnau-Morawska i K. Łydka (9) badali je we wschodniej części zagłębia.

Spoiwo w piaskowcach średnioziarnistych oraz ich skład mineralny są podobne do spoiwa i składu piaskowców drobno- i bardzo drobnoziarnistych. Zawartość kwarcu w piaskowcach średnioziarnistych wynosi ok. 55%.

Własności fizyczno-mechaniczne piaskowców średnioziarnistych:

1. Ciężar właściwy 2,598—2,720.
2. Ciężar objętościowy 2,103—2,619.
3. Nasiąkliwość wodą 0,32—6,72% (niekiedy 8,70%).
4. Wskaźnik porowatości 0,011—0,190.
5. Wytrzymałość na ściskanie 62—1408 kg/cm² (średnio 528 kg/cm²).
6. Wytrzymałość na łamanie od 8,5 do 149 kg/cm². Średnia 83 kg/cm².

KLASA 4 — PIASKOWCE GRUBOZIARNISTE

Piaskowce gruboziarniste znane są z warstw siodłowych, dolnorudzkich, a także z warstw łaziskich i libiąskich. Piaskowce te są przeważnie typu arkozowego. W zachodniej części zagłębia dominują w nich skalenie sodowo-wapienne, we wschodniej zaś przeważają skalenie potasowe.

Zawartość kwarcu w tych piaskowcach wynosi ok. 60%. Węglany w spoiwie tych piaskowców wcale nie występują albo tylko w minimalnych ilościach.

Własności fizyczno-mechaniczne piaskowców gruboziarnistych:

1. Ciężar właściwy 2,589—2,674.
2. Ciężar objętościowy 2,399—2,573.
3. Nasiąkliwość wodą 2,89—7,42% (w niektórych nawet 12%).
4. Wytrzymałość na ściskanie 96—1144 kg/cm². Średnia 489 kg/cm².
5. Wytrzymałość na rozrywanie 46—98 kg/cm², Średnia ok. 67 kg/cm².

Piaskowce wszystkich 4 klas są z niewielkimi wyjątkami dobrymi, w sensie górniczym, skałami stropowymi. Do celów budowlanych, a szczególnie do wyrobu większych płyt, bloków, cokołów nadają się one mniej z powodu licznych utajonych spękań. Odporność na zamrażanie tych piaskowców nie została dotychczas zbadana, dlatego nie można nic twierdzić o ich przydatności do budowy dróg.

Sądzę, że piaskowce te mogą być użyte do budowy fundamentów w formie różnego rodzaju brył i ewentualnie jako kruszywo do betonów.

GRUPA V: ŻWIROWCE (ZLEPIEŃCE, KONGLOMERATY)

Żwirowce są to skały, w których wielkość ziarn kwarcu, otoczaków albo okruchów skał pierwotnych wynosi powyżej 2 mm. Ze względu na wielkość ziarn i związane z nią własności fizyczno-mechaniczne dzielimy żwirowce na drobno- i gruboziarniste.

KLASA 1 — ŻWIROWCE DROBNOZIARNISTE (ZIARNA OD 2 DO 20 MM)

Żwirowce drobnoziarniste znamy z górnych poziomów warstw porębskich, siodłowych, gdzie występują w stropie pokładu 510 i na pewnych obszarach zagłębia (Gliwice, Dąbrowa) stanowią poziom przewodni, następnie znamy je w kompleksie warstw przejściowych między grupą siodłową a rudzką, a także w warstwach orzeskich, łaziskich i libiąskich.

Żwirowce należy zaliczyć do skał na ogół słabo zwięzłych. Ich skład mineralny — to kwarc, występujący w postaci dużych ziarn, skalenie oraz okruchy skał magmowych i metamorficznych — przeważnie kwarcytów. Podobnie jak piaskowce, tak i żwirowce bywają arkozowe.

Spoiwo w żwirowcach jest ilaste lub ilasto-wapienne. W żwirowcach o drobniejszym ziarnie występuje także spoiwo krzemionkowe. Żwirowce takie posiadają wysoką wytrzymałość na ściskanie (ok. 1000 kg/cm²).

Własności fizyczno-mechaniczne żwirowców drobnoziarnistych:

1. Ciężar właściwy 2,605—2,645.
2. Ciężar objętościowy 2,208—2,501.
3. Nasiąkliwość wodą 3,95—16,37%.
4. Wskaźnik porowatości 0,078—0,176.
5. Wytrzymałość na ściskanie od 27 do 1000 kg/cm². W 84,5% badanych próbek stwierdzono wytrzymałość w granicach od 100 do 600 kg/cm². Średnia wytrzymałość wynosi ok. 320 kg/cm².
6. Wytrzymałość na łamanie. Własności tej nie oznaczono z powodu niemożliwości wyszlifowania z gruboziarnistej, stosunkowo słabozwięzłej skały belek o wymiarach 14 × 14 × 3 cm.

KLASA 2 — ŻWIROWCE GRUBOZIARNISTE (ZIARNA OD 20 DO 60 MM)

Żwirowce gruboziarniste występują rzadziej w karbonie. Osobiście znalazłem je w stropie pokładu 510 w kop. Stalin i Klimontów. A. Makowski (5) wymienia je z warstw porębskich w kop. Emma (obecnie Marcel) w obszarze Rybnika, gdzie wymiary ich dochodzą do 20 mm.

Żwirowce gruboziarniste są skałami bardzo słabo zwięzłymi. Poszczególne otoczaki połączone są ze sobą ilastym spoiwem i rozsypują się nawet przy bardzo słabym uderzeniu lub nacisku. Oznaczenie własności fizyczno-mechanicznych dla tych skał jest niemożliwe, gdyż należałoby badać każdy otoczak oddzielnie pod względem petrograficznym i fizyczno-mechanicznym.

Żwirowce nie odgrywają większej roli w budowie karbonu. Tam, gdzie tworzą one bezpośredni strop pokładu węgla, strop taki uważa się przeważnie jako niepewny i niebezpieczny. Żwirowce wywiezione na powierzchnię mogą być użyte jako cenne kruszywo do betonu lub jako materiał drogowy.

GRUPA IV: SKAŁY WAPIENNE

Skały wapienne należą do skał rzadszych w karbonie Górnego Śląska. Wapieni w ścisłym tego słowa znaczeniu, tj. skał o zawartości $CaCO_3$ powyżej 95%, nie stwierdziłem wśród skał karbońskich. Stwierdzone dotychczas przeze mnie skały węglanowe są marglami wapiennymi albo wapieniami piaszczystymi (piaskowcami wapiennymi). Skały węglanowe występują przede wszystkim w grupie warstw 700. Warstwy te, jak wiadomo, w północnej części zagłębia noszą nazwę warstw florowskich, zaś w południowej — warstw jaklowieckich. W północnej części zagłębia (upadowa Mars IV) występują częściej margle wapienne, w południowej natomiast wapienie piaszczyste (strop pokł. 713, kop. Rydułtowy), choć zdarzają się też i margle.

Skały węglanowe podzieliłem na dwie klasy, tj. na margle wapienne i wapienie piaszczyste.

KLASA 1 — MARGLE WAPIENNE

Margle wapienne są to skały, w których zawartość $CaCO_3$ wynosi 40 do 75%. Resztę składników mineralnych stanowią w tych skałach minerały ilaste oraz kwarc. Ten ostatni minerał występuje w ziarnach wielkości ok. 0,1 mm, w ilości ok. 5%. Obok wymienionych minerałów spotyka się w opisywanych marglach minerały akcesoryczne i drobno rozsiany detrytus węglowy. Barwa tych margli jest szarożółtawa albo brunatnoszara. Grubość ławicy ok. 12 cm.

Własności fizyczno-mechaniczne margli wapiennych:

1. Ciężar właściwy 2,657—2,684.
2. Ciężar objętościowy 2,505—2,645.
3. Wytrzymałość na ściskanie 418—582 kg/cm².
4. Wytrzymałość na łamanie 58—72 kg/cm².

KLASA 2 — WAPIENIE PIASZCZYSTE

Wapienie piaszczyste mają barwę szaroczarną. Od piaskowców można je odróżnić po większym ciężarze i po zapachu bitumicznym. Skały te, podobnie jak margle wapienne, nie tworzą grubszych kompleksów skalnych, lecz występują sporadycznie w ławicach o grubości 30—40 cm, rzadko dochodzą do 70 czy 90 cm. Zawartość kwarcu w tych skałach wynosi 27—28%. Wielkość ziarn kwarcu od 0,1 do 0,2 mm. Obok kwarcu występuje jeszcze w tych skałach w mniejszych ilościach chalcedon, muskowit i drobno rozproszony humus.

Własności fizyczno-mechaniczne wapieni piaszczystych:

1. Ciężar właściwy 2,688—2,731.
2. Ciężar objętościowy 2,505—2,645.
3. Wytrzymałość na ściskanie 418—582 kg/cm².
4. Wytrzymałość na łamanie 58—72 kg/cm².

Skały węglanowe uważane są za dobre skały stropowe (strop pokł. 713, kop. Rydułtowy). Ze względu na dość rzadkie i nikłe występowanie skał węglowych w karbonie, skały te nie mają poważniejszego znaczenia technicznego i gospodarczego.

GRUPA VII: TUFITY

Tufity są to skały mieszane, zawierające w swym składzie składniki wulkaniczne obok składników pochodzenia terygenicznego. Dotychczasowe moje badania wykazały istnienie w kompleksie skał karbońskich, którego miąższość, jak wiemy, przekracza 6000 m, 3 poziomów tufitów na terenie Górnego Śląska. Części wschodniej zagłębia, tj. obszaru krakowskiego, nie badałem.

Najstarszą skałę tufogeniczną spotykamy na granicy warstw pietrzkowickich i gruszowskich. Skała ta ma bardzo rozległy zasięg, bo od Morawskiej Ostrawy do Pyskowic. Miąższość tej skały wynosi od 11 m w obszarze M. Ostrawy do ok. 2—2,5 m w obszarze Gliwic. Skałę tę nazwano łupkiem szlifierskim (O. Niemczyk) albo pelitem kwarcowym, jak to czytamy w pracy St. Czarnockiego (1). Tufit z kopalni Gliwice posiada barwę jasnoszarą, przechodzącą w cielistoniebieskawą, wykazującą bardzo subtelne uwarstwienie. Wielkość ziarn w tej skale jest zmienna. Występują następujące wahania w wielkości ziarn w poszczególnych warstwach: od 0,005 do 0,02, od 0,03 do 0,05 i od 0,06 do 0,08 (0,1) mm.

W warstwach, w których wielkość ziarn wynosi 0,005 do 0,02 mm, identyfikacja poszczególnych zawartych w nich minerałów jest bardzo uciążliwa i niepewna. W warstwach zbudowanych z ziarn grubszych wyróżnia się obok kwarcu skalenie potasowe i sodowe (często sanidyn), kaolinit, rozłożone blaszki miki ciemnej i dużo ciał zupełnie izotropowych albo o bardzo słabej dwójłomności (szkliwo). Skały te zawierają ok. 42% kwarcu.

Charakterystyczną domieszką w tej skale jest stała, mniejsza lub większa domieszka węglanów.

Własności fizyczno-mechaniczne tufitu z Gliwic:

1. Ciężar właściwy 2,582—2,732.
2. Ciężar objętościowy 2,502—2,672.
3. Nasiąkliwość wodą 1,05—1,94%.
4. Wytrzymałość na ściskanie 490—804 kg/cm².
5. Wytrzymałość na łamanie 64 do 113 kg/cm².

Ze względu na swoją bardzo drobną strukturę, niską nasiąkliwość wodą, subtelną ścieralność opisywana skała mogłaby się nadawać do wyrobu przedmiotów szlifierskich, lecz o małych wymiarach. Wyrabianie z niej większych przedmiotów zdaje się być bardzo trudne z powodu istniejących w niej utajonych spękań.

Drugie pojawienie się tufitów stwierdziłem w warstwach siodłowych w stropie pokładu 504 m, kop. Knurów, szyb Foch. Wśród tufitów barwy czerwonej tkwią tam cienkie intruzje lawy typu diabazowego (melafirowego). Intruzje te, a także otaczające je tufity uległy przeobrażeniu wskutek działania procesu zeolityzacji. Spękania w tufitach wypełniają węglany wapnia oraz malachit. Grubość warstw tufitowych w tej kopalni wynosi ok. 20 m. W warstwach orzeskich stwierdziłem (4) występowanie tufitów w piaskowcach stropowych pokładu 312 (kop. Barbara w Mikołowie) oraz w warstwach stropowych pokładu 327 (kop. Wesoła).

Czy tufity z warstw orzeskich mają szerszy zasięg, tak że mogłyby one służyć jako poziomy przewodnie przy identyfikacji pokładów, wykażą badania, które są w toku.

Podane w tym artykule własności fizyczno-mechaniczne skał karbońskich są wynikiem wstępnych prac, których ostatecznym celem będzie klasyfikacja skał pod względem ich urabialności, na co zwróciłem uwagę na wstępie artykułu. Wykonanie takiej klasyfikacji wymaga z natury rzeczy dużo czasu, gdyż dla każdego sposobu urabiania klasyfikacja może być inna.

LITERATURA

1. Czarnocki St. — Polskie Zagłębie Węglowe. PIG objaśnienia do mapy geologicznej. Warszawa 1935, z. 1, s. 43.
2. Francis W. — Eine rationelle wissenschaftliche Klassifikation der Kohle. „Brennstoff-Chemie" 1953, nr 21/23, t. 34.
3. Grodziński P. — Betrachtungen über elastische und plastische Härte. „Kolloid Zeitschrift" 1954, z. 1/2, t. 139.
4. Kuhl J. — Petrograficzna klasyfikacja skał towarzyszących pokładom węgla w zagłębiu Górnego Śląska. „Prace GIG" seria A, komunikat nr 171, Stalinogród 1955.
5. Makowski A. — Otoczaki w pokładach węglowych na kop. Emma w pow. rybnickim na G. Śląsku. Posiedzenia Naukowe PIG, Warszawa 1935, nr 42, s. 8.
6. Poborski Cz. — Metoda mikroskopowa i geneza niektórych złóż sapropelitów z Górno-śląskiego Zagłębia Węglowego. „Archiwum Górnictwa i Hutnictwa" 1954, z. II, t. II.
7. Roga B. — Węgiel kamienny, przeróbka i użytkowanie. Stalinogród 1954, PWT, s. 26.
8. Terzaghi K. — Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer Grundlage. Lipsk 1925.
9. Turnau-Morawska M., Łydka K. — Studia petrograficzne nad arkozą kwaczalską. „Rocznik PTG" 1954, t. XXII.