

## ZMIENNOŚĆ FIZYCZNO-MECHANICZNYCH WŁAŚCIWOŚCI UTWORÓW GÓRNYCH WARSTW LGOCKICH MIĘDZY SUŁKOWICAMI A MYŚLENICAMI

### VARIABILITY OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE UPPER LGOTA ROCKS BETWEEN SUŁKOWICE AND MYŚLENICE

MAREK REMBIŚ<sup>1</sup>

**Abstrakt.** W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczących wpływu wykształcenia litologicznego, związanego z warunkami sedymentacji i przemian diagenetycznych, na właściwości fizyczno-mechaniczne utworów górnych warstw lgockich fragmentu jednostki śląskiej w Beskidzie Wyspowym. Dla obszaru usytuowanego pomiędzy Sułkowicami a Myślenicami charakterystyczne są profile trzech kamieniołomów, zlokalizowanych na południowych stokach pasma Barnasiówki: Jasienica I, Jasienica II i Bysina II. Występują w nich najbardziej typowe i kompletnie wykształcone zespoły warstw, które zaklasyfikowano zgodnie z przyjętym podziałem do 10 subfacji, składających się na 7 facji. Dominują wśród nich piaskowce z mułowcami (SM) oraz piaskowce z rogowcami i mułowcami (SMH). Utwory pozostałych facji: piaskowców zlepieńcowatych (SC), piaskowców (S), mułowców z piaskowcami (MS), mułowców (M) i rogowców (H) występują podrzędnie. Wykazano, że cechy litologiczne omawianych utworów górnych warstw lgockich, takie jak: skład mineralny, uziarnienie, rodzaj i ilość spoiwa oraz charakter struktur wewnątrzławicowych, są pochodną warunków sedymentacji oraz przemian diagenetycznych, jakim podlegały zdeponowane osady. Stwierdzono, że materiał deponowany prądami zawiesinowymi o zmiennej energii wykazywał odmienną podatność na oddziaływanie procesów diagenetycznych, głównie rozpuszczania, cementacji, zastępowania i rekrytalizacji, wynikającą z przynależności do określonej subfacji. Procesy te wpłynęły w znacznym stopniu na właściwości fizyczno-mechaniczne skał, decydujące o znaczeniu użytkowym skalnej kopaliny. Najbardziej korzystnymi wartościami parametrów charakteryzują się rogowce (H) oraz piaskowce zawierające wkładki rogowców (subfacje mSMH oraz ISMH). Należy to wiązać z dużym udziałem w nich spoiwa krzemionkowego, tworzącego cement międzyziarnowy oraz obwódki autigeniczne na ziarnach detrytycznych. ródłem krzemionki były najprawdopodobniej rozpuszczane krzemionkowe igły gąbek oraz ziarna kwarcu detrytycznego. Silną sylyfikację opisywanych utworów górnych warstw lgockich umożliwiła dość duża porowatość nie do końca skonsolidowanego osadu, dodatkowo zwiększona poprzez rozpuszczanie składników węglanowych. W ławicach subfacji mS, ISM i mIS proces ten zachodził z mniejszym nasileniem, co wpłynęło na pogorszenie parametrów fizyczno-mechanicznych tych skał.

**Słowa kluczowe:** piaskowce lgockie, diagenеза.

**Abstract.** The author investigated the relation between lithological development, controlled by sedimentary conditions and diagenetic changes, and physical and mechanical properties of rocks of the Upper Lgota Beds. The strata belong to a fragment of the Silesian Unit in the Beskid Wyspowy Mts and are situated between Sułkowice and Myślenice. The characteristic profiles are exposed in three quarries on the southern slopes of the Barnasiówka range: Jasienica I, Jasienica II and Bysina II. They contain the most typical and fully developed sets of strata that have been included after Ghibaud (1992) into ten subfacies, composed of seven facies types. The dominant are sandstone-mudstone couplets (SM) and sandstone-mudstone couplets with hornstones (SMH). The strata of the remaining facies: conglomeratic sandstones (SC), sandstones (S), mudstone-sandstone couplets (MS), mudstones (M) and hornstones (H) occur less frequently. The author have shown that the lithological features of the Upper Lgota strata such as the mineral composition, grain size distribution, type and amount of cement and the character of textures within the layers, are controlled by sedimentary conditions and diagenetic changes that affected the sediments. The material deposited by density currents of variable energy was prone to the action of diagenetic processes, mainly dissolution, cementation, replacement and recrystallization, different than those characteristic of a given subfacies. These processes affected to a considerable degree development of physical and mechanical properties of rocks, controlling applicability of the given rock commodity. The horn-

<sup>1</sup> Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; mrembis@geol.agh.edu.pl.

stones (H) and the sandstones with intercalations of hornstones (subfacies mSMH and LSMH) reveal the most favourable parameters. This fact can be explained by the presence of siliceous intergranular cement and authigenic silica rims on detrital grains. The silica most probably originated from dissolution of siliceous sponge spicules and detrital quartz grains. Strong silicification of the Upper Lgota Beds strata was favoured by a rather strong porosity of not fully consolidated sediments, and additionally increased by dissolution of their carbonate components. In the layers of the mS, LSM and mlS subfacies this process was less intense and, as a result, the amount of siliceous cement is lower. Therefore, the physical and mechanical properties of the sandstones belonging to these subfacies are worse.

**Key words:** Lgota sandstones, diagenesis.

Litologia utworów górnej części warstw lgockich jednostki śląskiej, zawierających obok piaskowców i mułowców także skały krzemionkowe (rogowce i gezy), przedstawiona jest w licznych publikacjach (m.in. Unrug, 1959; Geroch, Nowak, 1963; Peszat, 1971; Alexandrowicz, 1973; Burtan, Turnau-Morawska, 1978). W pracach tych nie uwzględniano jednak badań ilościowych, które dotyczą tylko ich środkowego ogniwa lub obejmują zagadnienia głównie sedimentologiczne. Uzupełnienia wymaga między innymi charakterystyka petrograficzna i ocena surowcowa utworów wspomnianego kompleksu, odsłaniających się w Beskidzie Wyspowym pomiędzy Sułkowicami a Myślenicami.

Dla omawianego obszaru charakterystyczne są profile trzech kamieniołomów, zlokalizowanych na południowych stokach pasma Barnasiówki: Jasienica I, Jasienica II i Bysińska II. Można w nich prześledzić najbardziej typowe i kompletne wykształcenie omawianego zespołu, którego miąższości kształtują się tu w granicach od 26 do 29 m. Utwory występujące w ich obrębie zaklasyfikowano zgodnie z podziałem Ghibauda (1992), zmodyfikowanym przez Słomkę (1995), do 10 subfacji, składających się na 7 facji. Dominują wśród nich facje piaskowców z mułowcami (SM) i piaskowców z rogowcami i mułowcami (SMH), w udziałach dochodzących do 63%. W wyraźnie mniejszych, kilkunastoprotentowych ilościach obecne są facje: piaskowców zlepieńcowatych (SC), piaskowców (S), mułowców z piaskowcami (MS), mułowców (M) i rogowców (H). Od spągu utwory te ograniczone są drobnorytmicznym fliszem łupkowo-piaskowcowym środkowych warstw lgockich, natomiast od stropu cienkoławicowymi piaskowcami i pstryimi łupkami warstw godulskich.

Na podstawie wykonanych badań stwierdzono, że przynależność omawianych utworów do poszczególnych subfacji wyraża się nie tylko określonymi cechami sedimentologicznymi, ale także odmiennym udziałem składników szkieletu ziarnowego oraz zróżnicowaniem ilości i sposobu wykształcenia elementów spoiwa. Różnorodność składu mineralnego i wykształcenia mikrostrukturalnego tych skał ma z kolei wyraźny związek ze zmiennością wartości ich podstawowych właściwości fizyczno-mechanicznych. Stwierdzono, że z uwagi na właściwości surowcowe najbardziej korzystnymi wielkościami parametrów charakteryzują się rogowce (facja H), piaskowce masywne z rogowcami przechodzące w mułowce (subfacja mSMH) oraz piaskowce laminowane równoległe i/lub przekątnie z rogowcami, przechodzące w mułowce (subfacja LSMH). Wykazują one wysoką wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrznosuchym, wynoszącą dla wymienionych subfacji odpowiednio:

199, 176 i 163 MPa. Należy to wiązać głównie z dużym udziałem w nich spoiwa krzemionkowego (52,1–89,2%), co potwierdza wysoka wartość współczynnika korelacji pomiędzy udziałem omawianego spoiwa a wytrzymałością na ściskanie ( $r = 0,83$ ). Ten rodzaj spoiwa, tworzącego cement międzyziarnowy oraz obwódki autigeniczne na ziarnach detrytycznych, powstał najprawdopodobniej w wyniku krystalizacji z roztworów przesyconych krzemionką. Pochodziła ona z rozpuszczania opalu biogenicznego, budującego między innymi krzemionkowe igły gąbek, oraz z nadtrawiania ziarn kwarcu detrytycznego. Ścisłą zależność pomiędzy ilością cementu kwarcowego a obfitością krzemionkowych igieł gąbek wykazano już wcześniej dla piaskowców górnej jury (Vagle i in., 1994). Silną sylifikację opisywanych utworów górnych warstw lgockich umożliwiła dość duża porowatość nie do końca skonsolidowanego osadu, dodatkowo zwiększona przez rozpuszczanie głównie mikrytowych składników węglanowych. W efekcie doszło do migracji krzemionki, a w dalszym etapie do jej koncentracji w centralnych częściach ławic, połączonej z dekalcyfikacją. Przemieszczanie roztworów przesyconych krzemionką zachodziło w obrębie niewielkich odległości, najczęściej od kilku do kilkunastu centymetrów. Wypieranie węglanów przez krzemionkę zaowocowało znacznym wzbogaceniem roztworów porowych w węglan wapnia. W wyniku jego krystalizacji część porów została zapełniona przez blokowy cement kalcytowy o zróżnicowanych rozmiarach kryształów. W ławicach piaskowców masywnych (subfacja mS), piaskowców laminowanych równoległe i/lub przekątnie, przechodzących w mułowce (subfacja LSM), oraz piaskowców masywnych i laminowanych (subfacja mlS) opisany proces sylifikacji zachodził z mniejszym nasileniem, co wyraziło się utworzeniem spoiwa krzemionkowego w mniejszej ilości: 18,6–38,2%. Wynika to z wcześniejszej cementacji osadów węglanami oraz, zgodnie z badaniami Hesse'a (1987) i Carsona (1991), z odmiennych form ich wykształcenia, bardziej odpornych na rozpuszczanie. Stwierdzono, że kryształy cementu kalcytowego wyraźnie przeważają ilościowo nad mikrytem kalcytowym, stanowiąc 21,3–45,4% udziału spoiwa. Z powyższych względów piaskowce tych subfacji mają nieco niższe wartości wytrzymałości na ściskanie w stanie powietrznosuchym, wynoszące średnio 160 MPa dla subfacji mS, 156 MPa dla subfacji mlS oraz 157 MPa dla subfacji LSM. Oprócz dominujących w spoiwie węglanów skały te charakteryzują się w niektórych ławicach dość dużym udziałem składników ilastych (głównie autigenicznego illitu i minerału illit/smektyt), dochodzącym do 12,3%. W takich przypadkach ziarna mikrytu

kalcytowego zazwyczaj nie ulegały rozpuszczeniu, ale rekrystalizacji. Często dopiero w kolejnym stadium diagenetyzacji zostawały zsylikowane, o ile pozwalała na to wielkość budujących je kryształów, znacznie powiększonych podczas rekrystalizacji. Stwierdzono, że większy udział spoiwa ilastego, zwłaszcza w piaskowcach subfacji mLS, wiąże się z wyraźnym wzrostem ich nasiąkliwości wagowej, wynoszącej średnio 1,96%, podczas gdy w subfacjach mS i LSM o mniejszej zawartości minerałów ilastych parametr ten osiąga wartości odpowiednio 0,72 i 0,95%. Piaskowce charakteryzujące się nasiąkliwością o takich wartościach wykazują wyraźny spadek wytrzymałości na ściskanie, po nasyceniu wodą o około 15%, a po zamrożeniu o kolejne 12% dla subfacji mS i LSM oraz o 18% dla subfacji mLS. W przypadku rogowców (H) i piaskowców zawierających rogowce (subfacje mSMH i ISMH) stosunkowo niewielka ich nasiąkliwość (0,28–56%) dość wyraźnie koreluje się z nieznacznymi spadkami wytrzymałości na ściskanie po nasyceniu wodą o około 5% oraz po zamrożeniu w granicach 6%.

Dla wszystkich omawianych skał zaobserwowano powszechnie znaną ścisłą zależność pomiędzy wartościami gęstości pozornej oraz nasiąkliwości. Obrazują to wysokie wartości współczynnika korelacji od  $(-0,88)$  dla facji H do  $(-0,76)$  dla subfacji mLS.

Wykonane badania wykazały, że cechy litologiczne omawianych utworów górnych warstw lgockich, takie jak: skład mineralny ziarn szkieletu, uziarnienie, rodzaj i ilość spoiwa oraz charakter struktur wewnątrzławicowych, są pochodną warunków sedymentacji oraz przemian diagenetycznych, jakim podlegały zdeponowane osady. Wykształcenie litologiczne badanych utworów wskazuje, że są one wynikiem depozycji z prądów zawieszinowych o zmiennej energii, transportujących materiał o różnej wielkości ziarna. Stwierdzono, że zdeponowany materiał wykazywał odmienną podatność na oddziaływanie procesów diagenetycznych, głównie rozpuszczania, cementacji, zastępowania i rekrystalizacji, wynikającą z przynależności do określonej subfacji. Procesy te wpłynęły w dużym stopniu na wartości parametrów fizyczno-mechanicznych omawianych skał, decydując o możliwości ich wykorzystania do produkcji kruszyw naturalnych różnych kategorii.

Pracę wykonano w Katedrze Geologii Żyłowej i Górniczej, Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH. Badania zostały sfinansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (umowa: 10.10.140.063).

## LITERATURA

- ALEXANDROWICZ S.W., 1973 – Gaize-typ sediment in the Carpathian flysch. *N. Jr. Geol. Palaontol. Mh.* 1:1–17.
- BURTAN J., TURNAU-MORAWSKA M., 1978 – Biochemiczne skały krzemionkowe Zachodnich Karpat fliszowych. *Pr. Geol. PAN*, **111**: 7–30.
- CARSON G.A., 1991 – Silification of fossils. *W: Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record* (P.A. Allison, D. Briggs eds.): 455–499. New York.
- GEROCH S., NOWAK E., 1963 – Profil dolnej kredy śląskiej w Lipniku koło Bielska. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, **33**, 1–3: 241–264.
- GHIBAUDO G., 1992 – Subaqueous sediment gravity flow deposits: particular criteria for their field description and classification. *Sedimentology*, **39**: 423–454.
- HESSE R., 1987 – Selective and reversible carbonate-silica replacements in Lower Cretaceous carbonate – bearing turbidites of the Eastern Alps. *Sedimentology*, **34**: 1055–1077.
- PESZAT C., 1971 – Piaskowce warstw lgockich w kamieniołomie Kozy koło Bielska-Białej. *Przew. 43. Zjazdu Pol. Tow. Geol.*: 199–207. Warszawa.
- SŁOMKA T., 1995 – Głębokomorska sedymentacja silikoklastyczna na warstwach godulskich Karpat. *Pr. Geol. Komis. Nauk Geol. PAN Krak.*, **139**.
- UNRUG R., 1959 – Spostrzeżenia nad sedymentacją warstw lgockich. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, **29**: 197–225.
- VAGLE G. B., HURST A., DYPVIK H., 1994 – Origin of quartz cements in some sandstones from the Jurassic of the Inner Moray Firth (UK). *Sedimentology*, **41**: 363–377.