

# Skąły wapienne i wapniste we fliszu polskich Karpat zewnętrznych

Stanisław Leszczyński\*, Kazimiera Malik\*\*

## Carbonates in flysch of the Polish Outer Carpathians

**S u m m a r y.** The Outer Carpathian flysch sequence (U. Tithonian–L. Miocene) consists of deep-water mainly siliciclastic sediments. Carbonates are volumetrically and stratigraphically subordinate. Their abundance is different in particular nappes (Fig. 1) and displays rapid lateral and vertical changes. In all nappes, the Turonian–Paleocene, and uppermost Eocene–L. Miocene sequences are distinctively enriched in calcareous material. An additional carbonate enriched division i.e., the Tithonian–Barremian is recorded in the Silesian nappe sequence comprising sediments of the entire U. Tithonian–L. Miocene time-span. The content of calcareous material in vertical sections displays sometimes distinctive fluctuations at a scale of several decimeters (Fig. 2E) up to several tens of meters. The bulk of calcareous material occurs in calcilutites, marlstones and calcareous mudstones to claystones. These are chiefly resediments (turbidites, debrites etc.), although, pelagites also are represented. Particles of older carbonates (Fig. 2B, D) concentrate in coarse-grained, thick-bedded deposits where the carbonate material is usually subordinate. The amount of syn-sedimentary particles is inversely proportional to the quantity of the coarse siliciclastic material. The calcareous resediments form very thin to very thick beds (Fig. 2C).

Distribution of carbonate material in sequences of the Outer Carpathian flysch was chiefly controlled by tectonic activity of the area, eustasy, climate and biocoenosis. To some extent it was also shaped by basin geometry and autocyclic processes. Tectonic activity that highly varied in time and space together with very irregular basin geometry and autocyclic processes are considered to be responsible particularly for the lateral facies changes. Influences of eustasy appear to be reflected in some correlation of the carbonate enriched sequences with the global cycle chart, especially of the long term cyclicality. Enhanced sedimentation of calcareous material occurred during the early regressive phase of the sea-level (Fig. 3). Eustasy also influenced carbonate sedimentation through the CCD. This parameter controlled pelagic carbonate sedimentation depending on the depth of particular basin. Global deepening of the CCD together with rising movements in the Carpathian area, and high carbonate productivity resulted in gradual increase of pelagic carbonate material over the Upper Eocene sequence in all nappes (Globigerina Marls = margle globigerynowe). Moreover, episodes of intensive pelagic sedimentation of calcareous nannoplankton occurred in the Late Oligocene (Jasło Limestone = wapień jasielskie). The smaller vertical fluctuations in carbonate content appear to result from a climate change due to Milankovitch orbital perturbations of the Earth movements (precession and eccentricity).

definicji (Studer, 1827), termin ten przekształcał się coraz bardziej w pojęcie genetyczne — zarówno o charakterze stratygraficznym, jak i tektonicznym (*vide* Dżużyński & Walton, 1965). Według jednej ze współczesnych definicji: *flisz jest miększą serią osadów morskich, deponowanych przez prądy zawieszinowe i inne grawitacyjne sphywy masowe, zawierającą autochtoniczną głębokowodną faunę (z wyjątkiem przemieszczonych organizmów płytkomorskich); seria ta jest włączona w strefy nasunięć i fałdów orogenu* (Einsele, 1992).

Ze względu na poruszaną problematykę występowania skał wapiennych i wapnistych w utworach fliszu karpackiego, warto w tym miejscu odwołać się do najstarszej oryginalnej definicji (Studer, 1827). Studer nazwał fliszem serię górnokredowych piaskowców mułowych i łupków w rejonie Siementhal w Szwajcarii, podkreślając wyraźnie jego lokalne komplikacje spowodowane występowaniem bloków i warstw wapieni, miejscami nawet wielkich mas brekcji wapiennych, a także innych skał. Wśród 12-punktowej listy najbardziej diagnostycznych cech fliszu, którą zestawili Dżużyński & Smith (1964), margle i wapień detrytyczne są wzmiankowane zaraz na jej początku, jako ważne składniki litologiczne utworów fliszowych. Tak więc występowanie osadów wapiennych i pokrewnych wydaje się być cechą stałą i typową dla serii fliszowych i jako fakt obserwacyjny było sygnalizowane od bardzo dawna. Zagadnienie to dotychczas nie było jednak przedmiotem osobnych dociekań naukowych. Niniejszy artykuł stanowi zatem próbę wypełnienia tej luki w dorobku geologii karpackiej.

Wszystkie ważniejsze sekwencje fliszowe, odsłaniające się na terenie Polski (flisz zewnętrzno-karpacki, flisz podhalański, flisz bardzki), zawierają skały węglanowe. Koncentrują się one szczególnie w dolnych częściach każdej sekwencji, gdzie tworzą często samodzielne wydzielenia litostratygraficzne o randze ogniwi. Jednostki te są zbudowane głównie z osadów resedymentowanych, nierzadko w sposób wielkoskalowy. Takie spągowe usytuowanie węglanowych resedymentów w stosunku do młodszego, w ogromnej przewadze silikoklastycznego fliszu, znajduje uzasadnienie w naturalnym procesie transformacji środowisk sedymentacyjnych i związanych z nimi obszarów źródłowych. Rozpad geotektoniczny obszarów płytkomorskiej sedymentacji wapiennej (rafa, rampa lub platforma), był procesem bezpośrednio poprzedzającym uformowanie basenu głębokiego.

Serie skalne Karpat fliszowych (tyton–dolny miocen) są zbudowane głównie z utworów silikoklastycznych pochodzenia głębokomorskiego. Skały węglanowe stanowią w nich składnik podrzędny zarówno pod względem objętościowym, jak i stratygraficznym. Ich udział i rozmieszczenie w obrębie poszczególnych płaszczowin zewnętrzno-karpackich są bardzo zróżnicowane zarówno w poziomie, jak i w profilu pionowym (ryc. 1). Niemniej jednak, w ogólnym obrazie stopnia wapnistości fliszu karpackiego zaznaczają się pewne dość istotne prawidłowości. Celem niniejszego artykułu jest określenie tych prawidłowości oraz podjęcie próby interpretacji ich uwarunkowań genetycznych. Publikacja niniejsza została przygotowana na podstawie dotychczasowych badań, prowadzonych we fliszu karpackim przez

Termin flisz jest dziś opisowym pojęciem litofacjalnym, który dla większości geologów kojarzy się z dość monotonną serią osadową, zbudowaną z piaskowców i łupków. Termin ten, w czasie niespełna 200 lat swojego funkcjonowania w literaturze geologicznej, przechodził długą i zawiłą drogę ekspansji etymologicznej. Startując od czysto litofacjalnej

\*Instytut Nauk Geologicznych, Uniwersytet Jagielloński, ul. Oleandry 2a, 30-063 Kraków

\*\*Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec







**Ryc. 1.** Stratygrafia serii fliszowych Karpat zewnętrznych w odniesieniu do globalnego poziomu morza, z rozmieszczeniem materiału wapiennego. Zestawił S. Leszczyński na podstawie: Koszarski (1985), Bieda i in. (1963), Geroch i in. (1967), Kotlarczyk (1978), Przew. 49 Zjazdu Pol. Tow. Geol. (1977), Przew. 59 Zjazdu Pol. Tow. Geol. (1988), Rajchel (1990), Przew. 63 Zjazdu Pol. Tow. Geol. (1992) oraz danych własnych autorów artykułu. Pomijając tabeli przekroj palinopastyczny opracowany dla późnej kredy

**Fig. 1.** Stratigraphy of the Polish Outer Carpathians related to global eustasy with distribution of carbonate material. Compiled by S. Leszczyński, based on: Koszarski (1985), Bieda et al. (1963), Geroch et al. (1967), Przew. 49 Zjazdu Pol. Tow. Geol. (1977), Kotlarczyk (1978), Przew. 59 Zjazdu Pol. Tow. Geol. (1988), Rajchel (1990), Przew. 63 Zjazdu Pol. Tow. Geol. (1992) and author's data. The cross-section beneath depicts palinoplastic reconstruction of the Outer Carpathian Basins for Late Cretaceous

obu autorów, a także studiów literaturowych, w ramach projektu badawczego KBN nr 6 P201 038 05.

Obserwacje autorów wskazują, że rozmieszczenie materiału wapiennego w seriach osadowych płaszczowin fliszu zewnętrznokarpackiego wykazuje znacznie większe zróżnicowanie pionowe i poziome, niż można to uchwycić na podstawie dotychczasowych materiałów publikowanych. Pełne zbadanie tego zagadnienia, a zwłaszcza określenie związków genetycznych z czynnikami o większym zasięgu, wymaga bardziej szczegółowego rozpoznania stopnia wapnistości, to znaczy określenia w jakim zakresie zmienia się ona w obrębie poszczególnych jednostek litostratygraficznych. Realizacja tego zadania wymaga jednak przeprowadzenia oddzielnych, bardzo rozległych studiów terenowych. Autorzy niniejszego opracowania podjęli się jednak przedstawienia tego problemu na obecnym poziomie jego rozpoznania, dostrzegając pewne interesujące prawidłowości, które uznali za godne wyeksponowania. Autorzy wyrażają nadzieję, że problem ten zostanie jednak opracowany bardziej szczegółowo w przyszłości.

### Charakterystyka litofacjalna fliszowych skał wapiennych i wapnistych

Skały fliszowe zawierające węgiel wapienia są reprezentowane przez grupę osadów wyraźnie zróżnicowaną ze względu na skład jakościowy i ilościowy. W opracowaniu przyjęto system wydzielenia typów skalnych według ogólnie przyjmowanych kryteriów litofacjalnych (skład mineralny, cechy teksturowe, strukturalne i genetyczne). Ze względów merytorycznych i formalnych, w niniejszym opracowaniu został zaniechany głęboko zakorzeniony w geologii karpackiej tradycyjny podział na wapienie detrytyczne i pelityczne (Burtanówna i in., 1937; Peszat, 1967). W definicji detrytytu nie ma bowiem żadnych uściśleń co do wielkości składników; pelit natomiast stanowi najdrobniejszą frakcję detrytytu mineralnego (np. Bates & Jackson, 1987; Jaroszewski i in., 1985). Zatem, zdaniem autorów, wapienie detrytyczne mogą być różnej frakcji, nie wyłączając pelitycznej.

Według składu mineralnego i granulometrycznego wśród skał fliszowych można wyróżnić:

(1) wapienie — reprezentowane przez pełne spektrum kalcyklastyków:

od kalcyrudytów (to jest kalcysefitów), przez kalkarenity (to jest kalcypsamity) i kalcytility (to jest kalcyaleuryty), do kalcylytytów (to jest kalcytelitów) włącznie (ryc. 2A, 2B, 2C, 2D, 2H);

(2) osady mieszane (zawierające podobne proporcje materiału wapiennego i kwarcowo-krzemianowego, które można nazwać kalcsilikoklastykami) — reprezentowane głównie przez margle (ryc. 2A, 2E, 2F, 2G);

(3) wapniste silikoklastyki (tj. silikokalcyklastyki) — reprezentowane głównie przez wapniste piaskowce, mułowce, iłowce (ryc. 2E), natomiast zdecydowanie rzadziej przez zlepińce;

Najliczniej jest reprezentowana druga i trzecia grupa osadów, czyste wapienie występują stosunkowo rzadko. Od dawna znajduje to wyraz w litostratygrafii fliszu zewnętrznokarpackiego (Bieda i in., 1963; Burtanówna i in., 1937; Geroch i in., 1967; Koszarski, 1985; Kotlarczyk, 1978, 1988; Książkiewicz, 1962; Przew. 49 Zjazdu Pol. Tow. Geol., 1977; Przew. 59 Zjazdu Pol. Tow. Geol., 1988; Rajchel, 1990), gdzie na kilkadziesiąt regionalnych i lokalnych wydzieleń, zaledwie kilka jest odnotowanych jako ogniw wapienne, np: wapienie cieszyńskie (ryc. 2C, 2D), jasielskie (ryc. 2H), koniakowskie, birczańskie, łużańskie, skalniczańskie. Przewaga osadów mieszanych i silikoklastyków wapnistych wynika głównie z ogólnie wysokiego (w porównaniu z innymi środowiskami) tempa sedymentacji osadów turbidytowych (Einsele, 1992) i jest efektem procesu rozcieńczenia materiału wapiennego przez składniki silikoklastyczne.

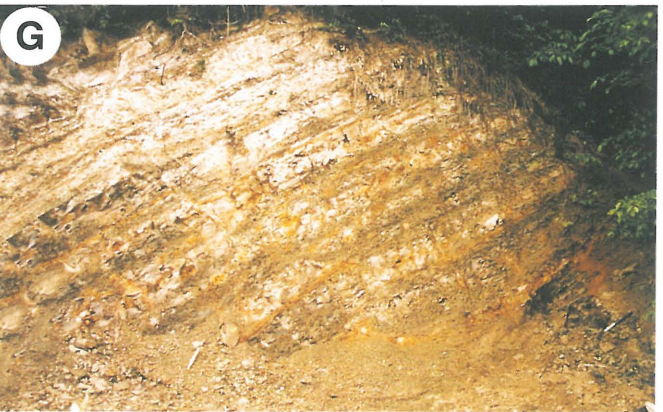
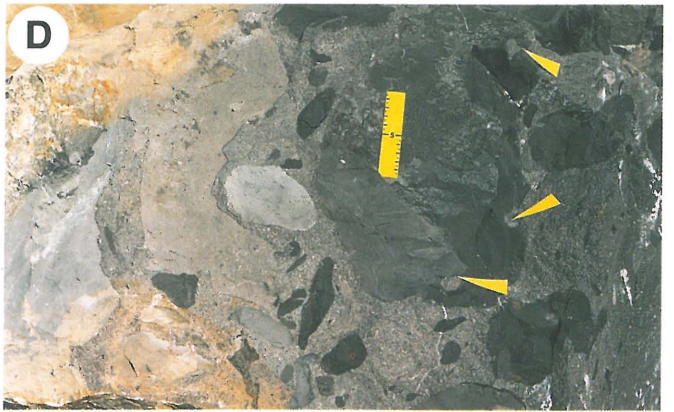
Materiał węglanowy budujący wapienne i wapniste skały fliszowe może mieć charakter:

(1) śródbasenowy (czyli intraformacyjny) — reprezentowany przez składniki pochodzenia głównie biogenicznego (szkielety, bioklasty, peloidy, onkoidy), a rzadziej hydrogenicznego (ooidy); objętościowo najważniejszym składnikiem wapieni i margli jest mikryt (mikrokrystaliczny muł wapienny), będący w większości najdrobniejszym, końcowym produktem rozpadu wapiennych elementów szkieletowych (por. Bathurst, 1975);

(2) pozabasenowy (czyli ekstraformacyjny) — reprezentowany przez fragmenty starszych skał wapiennych (ryc. 2B) i/lub klasty prawie równowiekowych utworów (ryc. 2D), budujących okrucy o wielkości od frakcji piaskowej po otoczaki, głązy i olistolity; są to tzw. wapienie egzotykowe — pospolity składnik wielu siliko- i kalcyklastyków; wapienie egzotykowe należą do kategorii czystych wapieni, dlatego też większe ich bryły stanowiły często przedmiot lokalnej eksploatacji; rejon Kruhela (Wójcik, 1907), Andrychowa (Książkiewicz, 1935, 1953) i Szramberku (Houša, 1976) — to najbardziej znane stanowiska skałek egzotykowych;

Pod względem struktur sedymentacyjnych skały wapienne i wapniste w pełni nawiązują do ich silikoklastycznych odpowiedników i do sekwencji strukturalnej opisanej modelem Boumy (Bouma, 1962). Czytelność struktur, zwłaszcza laminacji, jest często gorzej wyrażona niż w silikoklastykach. Wiąże się to przede wszystkim z monomineralnym charakterem skał węglanowych, w których ziarna i spoiwo, zbudowane z tego samego minerału, nie podkreślają rysunku struktury, lecz ją zacierają. Wielu autorów (np. Eberli, 1991; Meischner, 1964) akcentuje też większą częstość występowania hieroglifów w silikoturbidytach, w porównaniu z kalcyturbidytami. W świetle obserwacji z wapieni cieszyńskich, najpełniej na terenie Polski wykształconego fliszu wapiennego, rzadsze występowanie hierogli-

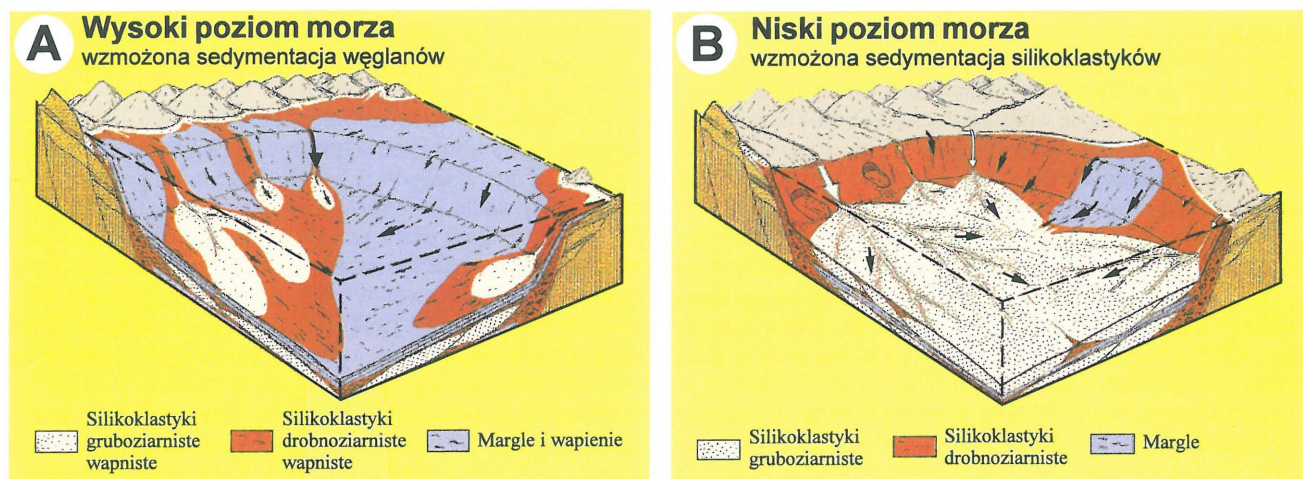




fów w kalcyturbidytach może wynikać z dwóch powodów. Pierwszy jest natury fizyczno-wietrzeniowej i polega na niedoskonałym odspajaniu spągów ławic wapieni od utworów niżejległych, którymi są na ogół margle, kalcytuty lub

iłowce margliste. Wymienione skały są bardzo często zwyczajnie przyrośnięte do spągu i przez to maskują subtelny jego relief. Drugim powodem jest nierzadko intensywne bioturbacja ławic kalcyturbidytów.





Ryc. 3. Wpływ zmian poziomu morza na sedymentację osadów wapiennych i wapnistych

Fig. 3. Influence of sea-level changes on sedimentation of carbonates and calcareous rocks

A — High sea-level: enhanced sedimentation of carbonate material; silikoklastyki gruboziarniste wapniste = coarse-grained calcareous siliciclastics; silikoklastyki drobnoziarniste wapniste = fine-grained siliciclastics; margle i wapienie = marls and limestones. B — Low sea-level: enhanced sedimentation of siliciclastic material; silikoklastyki gruboziarniste = coarse-grained siliciclastics; silikoklastyki drobnoziarniste = fine-grained siliciclastics; margle = marls

←

Ryc. 2. Wybrane przykłady utworów wapiennych i wapnistych fliszu zewnętrznokarpackiego

A — dolne łupki cieszyńskie, Żywiec, prawy brzeg Soły (widok z góry): ciemnoszare, masywne margle w ostrym kontakcie sedymentacyjnym z pakietem o miąższości 5 m, zbudowanym ze słabo zdeformowanych ławic kalkarenitów (utwory resedymentowane wielkoskalowo);

B — dolne łupki cieszyńskie, Cisownica koło Cieszyna: półobtoczone ekstraklasty (egzotyki) wapieni górnourajskich; na niektórych powłoka szarego, marglowego matriksu;

C — wapienie cieszyńskie, Leszna Górna, kamieniołom: gruboławicowe, amalgamowane kalcyturbidyty i kalcyfluksoturbidyty przekładane cienkimi warstwami iłowców wapnistych;

D — wapienie cieszyńskie, Leszna Górna, kamieniołom: ponadnormatywne intraklasty iłowców marglistych, margli, kalcytutytów i kalkarenitów w obrębie kalcyturbidyty;

E — margle fukoidowe, prawy brzeg Wiaru między Rybotyczami i Makową: pakiety margloturbidyty naprzemian zasobnych i ubogich w  $\text{CaCO}_3$ , tworzące zębrowatą morfologię brzegu i dna koryta; przypuszczalnie efekt cyklicznych zmian klimatu;

F — margle krzemionkowe, Rybotycze — Kanion: kalcsilikoarenity i -siltyty ( $T_{cd}$ , beżowe) oraz kalcsilicolutyty ( $T_e$ , białopomarańczowe) w sekwencji ławic grubiejących ku górze;

G — margle globigerynowe, Znamirówice, od Nowego Sącza: przekładające się warstwy beżowych margli pelagicznych, ciemnoszarych do czarnych turbidytych mułowców wapnistych oraz ciemnozielonych iłowców hemipelagicznych;

H — wapień z Fulusza (litofacja wapienia jasielskiego), Fulusz, SE od Gorlic: drobno, drżąco laminowany pelagiczny wapień kokkolitowy

Fig. 2. Examples of carbonates and calcareous rocks from flysch of the Polish Outer Carpathians

A — Lower Cieszyn Shale, Żywiec, right bank of the Soła River: dark gray, massive marls in sharp sedimentary contact with 5 m thick package of slightly deformed calcarenites (large scale resediments);

B — Lower Cieszyn Shale, Cisownica near Cieszyn: subrounded extraclasts (exotics) of Upper Jurassic limestones; dark gray marly matrix envelope occurs on some pebbles;

C — Cieszyn Limestone, quarry in Leszna Górna near Cieszyn: thick, amalgamated beds of calciturbidites alternated with thin layers of calcareous claystones;

D — Cieszyn Limestone, quarry in Leszna Górna near Cieszyn: intraclasts of calcareous claystones, marls, calcilutites and calcarenites enclosed in a calciturbidite;

E — Fucoid Marl, right bank of the Wiar River between Rybotycze nad Makowa, S of Przemyśl: ribs of  $\text{CaCO}_3$ -rich turbidites alternated with packages of  $\text{CaCO}_3$ -poor turbidites forming furrows, presumably result of cyclic climate change;

F — Siliceous Marl, creek in Rybotycze: calcsilicoarenites and siltites ( $T_{cd}$ , beige) and calcsilicolutites ( $T_e$ , whiteorange) in a thickening upward sequence;

G — Globigerina Marl, Znamirówice N of Nowy Sącz: alternation of beige pelagic marls, dark gray to black turbiditic mudstones and dark green hemipelagic claystones;

H — Fulusz Limestone (lithofacies of Jasło Limestone), Fulusz, SE of Gorlice: finely laminated coccolithic, pelagic limestone

### Rozmieszczenie skał wapiennych i wapnistych w sekwencjach płaszczowin

Seria fliszu zewnętrznokarpackiego, na którą składają się sekwencje osadowe pięciu głównych jednostek tektoniczno-facjalnych, wykazuje nierównomierne rozmieszcze-

nie skał wapiennych i wapnistych w poszczególnych płaszczowinach (ryc. 1). Geantyklinalne strefy facjalne basenu, reprezentowane głównie przez serie skalne płaszczowiny podśląskiej i jednostek podmagurskich, wykazują relatywnie najsilniejszą wapnistość w porównaniu do rozdzielających je geosynklynalnych stref facjalnych, reprezentowanych



przez serie osadowe płaszczowiny skolskiej, śląskiej i magurskiej. Utwory tych ostatnich jednostek mają ogólnie bardziej silikoklastyczny charakter, zdecydowanie większą miąższość i są zdominowane przez osady resedymetowane.

W ogólnym obrazie stratygraficznym fliszu karpackiego można zauważyć występowanie kilku interwałów o wyraźnie odmiennym stopniu wapnistości, różniących się rodzajem skał wapiennych i wapienistych:

**1. Tyton–barrem.** Utwory tego interwału mają największy udział w płaszczowinie śląskiej i podśląskiej. Obejmują one warstwy cieszyńskie, grodziskie i częściowo łupki wierzowickie (Bieda i in., 1963; Geroch i in., 1967; Koszarowski, 1985). W interwale tym zarówno resedymenty, jak i osady tła (pelagity, hemipelagity) są na ogół zasobne w węglan wapnia. Najsilniej wapienistym ogniwem są wapienie cieszyńskie (ryc. 2C, 2D). Obejmują one pełne spektrum kalcyklastyków o genezie turbidytowej. Współwystępujące z nimi interturbidyty są głównie iltowcami wapienistymi. Pozostałe ogniwa tego interwału reprezentują skały o niższej wapnistości. Margle są głównym rodzajem skał w obrębie ogniwa łupków cieszyńskich dolnych (ryc. 2A) oraz łupkowej facji warstw grodziskich. Wapieniste silikoklastyki są z kolei głównym rodzajem skał w obrębie łupków cieszyńskich górnych, warstw grodziskich i dolnej części łupków wierzowickich. Przez cały ten okres, intensywna sedymentacja wapienna miała miejsce również w Pieninach, czego rezultatem są wapienie pienińskie, sięgające do barremu (Birkenmajer, 1985).

**2. Apt–alb.** Utwory tego interwału są znacznie uboższe w węglan wapnia w porównaniu ze skałami interwału poprzedniego. Wapieniste są tu jedynie resedymetowane silikoklastyki, natomiast osady tła są bezwapieniste. Podwyższony udział skał wapienistych zaznacza się w płaszczowinie śląskiej i częściowo podśląskiej, gdzie skały te są reprezentowane przez piaskowce grodziskie, a w mniejszym stopniu przez warstwy łgockie. Te ostatnie wykazują wapnistość jedynie partiami, a zakres zmienności tego parametru nie jest bliżej poznany.

**3. Turon–paleocen.** Utwory tego interwału stanowią znaczną część serii fliszu zewnętrznokarpackiego. Podwyższona wapnistość zaznacza się w utworach wszystkich płaszczowin, najsłabiej jednak w serii śląskiej, która w tym odcinku czasowym jest zdominowana przez silikoklastyki gruboziarniste. Rodzaj osadów wapiennych i/lub wapienistych w poszczególnych płaszczowinach jest mocno zróżnicowany. W serii skolskiej interwał ten reprezentuje formacja z Ropianki, czyli warstwy inoceramowe (Kotlarczyk, 1978; Przew. 59 Zjazdu Pol. Tow. Geol., 1988). W interwale turon–santon, zawierającym margle krzemionkowe (ryc. 2F), oraz w wyższej części paleocenu wapieniste są jedynie resedymenty. Natomiast w pozostałej części opisywanego interwału, zawierającej margle fukoidowe (ryc. 2E) oraz margle z Węgierki, wapieniste są zarówno resedymenty, jak i osady tła (pelagity, hemipelagity). W serii podśląskiej oraz w łusce przedmagurskiej głównym rodzajem osadów wapienistych są utwory wyłącznie pelagiczne i hemipelagiczne, wykształcone jako margle pstre. W serii śląskiej podwyższona wapnistość zaznacza się jedynie w niewielkich odcinkach profilu, przypadających na turon–koniak oraz mastrycht. Jest ona rejestrowana wyłącznie w resedymentach (margle krzemionkowe, warstwy godulskie dolne oraz utwory facji inoceramowej w obrębie warstw istebniańskich). W jednostce dukielskiej wapienistość wykazują zarówno resedymenty, jak i utwory tła (warstwy łupkowskie oraz ciśniańskie). W serii magurskiej (Przew. 63 Zjazdu Pol.

Tow. Geol., 1992) osady wapienne i wapieniste są rejestrowane wyłącznie w resedymentach interwału kampan–paleocen (formacja z Hałuszowej, z Jarmuty, piaskowce ze Szczawiny oraz warstwy inoceramowe).

**4. Eocen.** Utwory tego interwału ponownie odznaczają się relatywnie obniżoną wapnistością. Najsilniej zaznacza się ona jedynie w jednostce podśląskiej i łusce przedmagurskiej, gdzie nadal trwa sedymentacja osadów mieszanych, reprezentowanych przez margle pstre. W pozostałych jednostkach wapienistość zaznacza się głównie w resedymentach (warstwy hieroglifowe; w serii magurskiej ponadto piaskowce ciężkowickie, pasierbieckie i margle łąckie). Jedynie w południowej części jednostki magurskiej wapieniste są zarówno resedymenty, jak i pelagity/hemipelagity (warstwy beloweskie i magurskie). W najwyższym eocenie wszystkich płaszczowin występuje cienki horyzont pelagicznych margli globigerynowych (ryc. 2G). Rozdzielają je z różną gęstością resedymenty wapieniste warstw popielskich, piaskowców globigerynowych oraz piaskowców z Mszanki.

**5. Oligocen–dolny miocen.** Utwory tego interwału, w porównaniu z eocenem, są znów wyraźnie wzbogacone w CaCO<sub>3</sub>. Podyższona wapienistość zaznacza się przede wszystkim w cienkich interwałach niższej części warstw podrogowcowych (margle podrogowcowe), bezpośrednio nad poziomem rogowców (margle dynowskie, jawornickie), w piaskowcach cergowskich, a także w przykrywających serie menilitową warstwach krośnieńskich. Należy jednak zaznaczyć, że duża część utworów warstw menilitowych wydaje się być uboga w CaCO<sub>3</sub>, czym różni się one od nadległych warstw krośnieńskich, które w całości są silnie wapieniste. Najbardziej spektakularnym osadem wapiennym komentowanego interwału są kokkolitowe wapienie jasielskie (ryc. 2H). Tworzą one jedną lub kilka warstw, zwykle o miąższości od kilku do kilkudziesięciu milimetrów. Dla utworów wyższego oligocenu pełnią one funkcję ważnego horyzontu korelacyjnego (Haczewski, 1989). Poza płaszczowiną magurską, wapienie jasielskie występują we wszystkich pozostałych jednostkach tektoniczno-facialnych fliszu karpackiego.

#### Czynniki kontrolujące rozwój sedymentacji skał wapiennych i wapienistych

Fliszowa sedymentacja skał wapiennych i wapienistych, podobnie jak pozostałej masy osadów fliszu zewnętrznokarpackiego, zachodziła w środowisku basenu głębokowodnego (Książkiewicz, 1975, 1977). Była ona kontrolowana przez cztery główne czynniki: tektoniczny, eustatyczny, klimatyczny i biologiczny (Einsele, 1992). Wszystkie te czynniki są ze sobą ściśle powiązane nie tylko prostymi, jednokierunkowymi zależnościami przyczynowo-skutkowymi, ale również sprzężeniami zwrotnymi. Czynniki eustatyczny i klimatyczny zależą częściowo od tektoniki, a częściowo są sterowane przez zmienne natężenie promieniowania słonecznego, które otrzymuje Ziemia, w związku z prawie z regularnymi fluktuacjami jej parametrów orbitalnych, nazywanymi cyklami Milankowicza (1941). Fluktuacje parametrów orbitalnych wpływają głównie na objętość globalną mas lodowych, rozkład temperatur, cyrkulację oceaniczną oraz rozmieszczenie stref klimatycznych.

Spośród wzmiankowanych wyżej czynników ogólnych, dla basenów fliszowych najważniejszym czynnikiem, od którego jest uzależniona sedymentacja wapienna, wydaje się być tektonika. Reżim tektoniczny reguluje bowiem produkcję i dostawę wszelkiego materiału osadowego do base-



nu głębokiego. W obszarach o podwyższonej aktywności tektonicznej, wyrażonej wzrostem gradientów morfologicznych, jest produkowana większa ilość silikoklastyków konkurujących z osadami węglanowymi i powodujących rozcieńczenie tych ostatnich. W basenie głębokomorskim, pozostającym pod wpływem takich obszarów, tworzą się wtedy resedymenty o składzie silikoklastycznym albo mieszanym. Zasadzie tej wydają się być podporządkowane stosunki ilościowe wśród osadów wapiennych i wapnistych obserwowane w płaszczowinach zewnętrznokarpaccich. Konsekwencją jej wpływu jest także zróżnicowanie wapnistości w izochronicznych osadach różnych płaszczowin (ryc. 1).

Zróżnicowana regionalnie aktywność tektoniczna basenów fliszowych i ich otoczenia (Książkiewicz, 1962; Dzułyński, 1979), a także zapewne silnie rozczłonkowana rzeźba dna tych basenów powodowały, że większość osadów wzbogaconych w materiał wapienny ma niewielkie rozprzestrzenienie lateralne. Zmienny w czasie i przestrzeni dopływ silikoklastyków, kontrolowany głównie przez tektonikę, jest również w poważnym stopniu odpowiedzialny za ogólne rozmieszczenie osadów wapiennych i wapnistych we fliszu Karpat zewnętrznokarpaccich. Utwory te występują przeważnie poza zasięgiem litosomów zbudowanych z osadów grubo- i średnioklastycznych. Jednakże sedymentacja grubodetrytycznego materiału wapiennego, w tym szczególnie wapiennych utworów egzotykońskich (np. wapień cieszyńskie, warstwy grodziskie, ility babickie, warstwy popielskie), była podporządkowana regułem sterującym sedymentacją silikoklastyczną.

Eustatyka przejawiająca się poprzez globalne zmiany poziomu morza wpływa na natężenie dostawy materiału terygenicznego, produkcję materiału wapiennego, głębokość kompensacji węglanu wapnia oraz na intensywność cyrkulacji głębokowodnej (Dean & Gardner, 1986). W basenach sedymentacji fliszu bezpośredni wpływ eustatyki był istotnie osłabiany przez silnie zróżnicowaną aktywność tektoniczną zarówno basenów, jak też ich obrzeżenia. Uderzający jest jednak wzrost udziału materiału wapiennego w interwałach zdominowanych przez osady drobnoziarniste. Dla sedymentacji takich osadów najbardziej sprzyjające warunki panują w okresach relatywnie podwyższonego poziomu morza (ryc. 3A), natomiast w okresach obniżonego poziomu morza (ryc. 3B) wzrost dostawy grubszego materiału relatywnie hamuje sedymentację wapienną. Zapewne też nie przypadkowo wydzielone interwały serii fliszowych, które wykazują zwiększoną wapnistość, korelują się z regresywnymi odcinkami globalnej krzywej eustatycznej pierwszego rzędu (Haq i in., 1988) (ryc. 1). Podobne relacje wydają się zaznaczać również w mniejszej skali, jakkolwiek zagadnienie to wymaga precyzyjniejszej stratygrafii utworów fliszowych.

Klimat jest kolejnym ważnym czynnikiem, wpływającym na ilość i rodzaj osadów gromadzonych w środowisku głębokowodnym. Jest on silnie powiązany z eustatyką. Wpływ czynnika klimatycznego zaznacza się przede wszystkim poprzez sterowanie temperaturą i wilgotnością. W okresach klimatu wilgotnego zwiększona dostawa ilastej zawiesiny silikoklastycznej do basenu morskiego hamowała rozwój planktonu, a zwiększona dostawa wody słodkiej wywoływała stratyfikację wód i stopniowy zanik cyrkulacji głębinowej. Proces ten prowadził w konsekwencji do spadku produktywności i osłabienia sedymentacji węglanowej, zarówno w strefie płytko-, jak i głębokomorskiej. W okresach klimatu suchego silniejsze parowanie i tworzenie się

gęstych, ciężkich solanek wymuszało cyrkulację wody napędzając *upwelling*. Podnosił on produktywność biologiczną i w konsekwencji następowało zintensyfikowanie sedymentacji węglanowej (Oglesby & Park, 1989). Według niektórych badaczy (np. Barron i in., 1985) sekwencje osadowe powstałe w okresach, gdy nie było lodowców na globie ziemskim (np. trias–kreda), mogą zawdzięczać swoje cykliczne wykształcenie wyłącznie czynnikowi klimatycznemu. Jest bardzo prawdopodobne, że we fliszu zewnętrznokarpaccim klimat w znacznym stopniu kształtował fluktuacje wapnistości, zaznaczające się w interwałach rzędu decymetrów (ryc. 2E).

Czynnik biologiczny jest w istotnym stopniu konsekwencją współdziałania wszystkich trzech wspomnianych wyżej czynników nadrzędnych. W mezozoiku, a zwłaszcza w górnej kredzie, a także w paleogenie, mikroorganizmy planktonowe – otwornice i kokkolity stają się poważnym producentem materiału wapiennego. Znaczenie skałotwórcze ma też wiele grup bentosu. Synsedymenacyjny, wapienny materiał pochodzenia biogenicznego jest zawsze ważnym, a niekiedy dominującym składnikiem wapiennych i wapnistych skał fliszu karpacciego. Margle globigerynowe i wapień jasielskie reprezentują najbardziej spektakularne przykłady takich osadów.

Poszczególne czynniki wpływają na sedymentację ze zmienną intensywnością, która oscyluje z różną częstotliwością. Ostateczne efekty ich działania nakładają się lub znoszą. Znajduje to swój wyraz głównie w pionowym, ale też i w poziomym zróżnicowaniu sekwencji osadowych fliszu zewnętrznokarpacciego (ryc. 1).

Podsumowując, najbardziej sprzyjającymi warunkami dla rozwoju osadów wapiennych i wapnistych w basenach sedymentacji fliszu były:

- (1) relatywnie obniżona aktywność tektoniczna (pasywne ramy basenów fliszowych), zapewniająca ogólnie zmniejszony dopływ materiału silikoklastycznego;
- (2) ciepły oraz nie za bardzo wilgotny klimat, nawet z tendencją do półsuchego, odpowiedzialny za wzrost produktywności biologicznej planktonu i bentosu;
- (3) obniżający się poziom morza, a zwłaszcza stadium przejściowe od maksymalnie wysokiego, (tzw. *high-stand*) do niskiego (tzw. *low-stand*) poziomu morza;

## Wnioski

(1) Wapnistość utworów fliszu zewnętrznokarpacciego wyraża się głównie poprzez występowanie skał o mieszanym, kalcysilikoklastycznym oraz silikokalcyklastycznym składzie mineralnym. Czyste wapień występują stosunkowo rzadko. Najbardziej spektakularnymi wapiennymi wydzieleniami litostratygraficznymi są wapień cieszyńskie (kalcyturbidyty tytonu górnego–beriasu) oraz wapień jasielskie (kalcyipelagity kokkolitowe oligocenu wyższego). Inne jednostki, np. wapień birczańskie, koniakowskie, łuzańskie, skalniczańskie i podobne, są wydzieleniami o randze bardzo lokalnej, niemalże punktowej.

(2) Ważnym rodzajem skał fliszu zewnętrznokarpacciego są margle, czyli osady kalcysilikoklastyczne. Do ważniejszych wydzieleni litostratygraficznych — zasobnych w margle — są zaliczane: dolne łupki cieszyńskie, łupki grodziskie, margle krzemionkowe, margle fukoidowe, margle węgierkowskie, margle frydeckie, margle żegocińskie, margle węglowieckie, margle łąckie, margle globigerynowe, margle podrogowcowe, margle dynowskie i margle jawornickie.



(3) Wapniste silikoklastyki, tj. utwory silikokalcyklastyczne, są — podobnie jak margle — licznie reprezentowane w utworach fliszu karpackiego. Do głównych jednostek stratygraficznych obfitujących w wapniste silikoklastyki należą: górne łupki cieszyńskie, warstwy grodziskie, warstwy inoceramowe, warstwy pisarzowickie, warstwy godulskie dolne, warstwy łupkowskie, formacja hałuszowska, piaskowce ze Szczawiny, formacja jarmucka, warstwy belowskie, warstwy hieroglifowe, warstwy magurskie, warstwy cergowskie i warstwy krośnieńskie.

(4) Zróżnicowane pod względem granulometrycznym i petrograficznym skały wapienne i wapniste fliszu zewnętrznokarpackiego są reprezentowane przez dwie klasy genetyczne utworów: (a) — osady resedymetowane, tj. allochtoniczne względem miejsca depozycji, do których należą turbidyty, debryty, i osady pokrewne; (b) — osady nieresedymetowane, tj. autochtoniczne lub parautochtoniczne, reprezentowane przez pelagity i hemipelagity.

(5) W tabeli litostratygraficznej sekwencji osadowych płaszczowin karpackich można wyróżnić pięć szerokich interwałów, odznaczających się na przemian odmiennym stopniem wapnistości utworów. Ogólnie podwyższony udział skał wapiennych i wapnistych zaznacza się w interwałach: tyton–barrem, turon–niższy paleocen oraz oligocen–miocen dolny. Natomiast utwory dwóch interwałów rozdzielających wyżej wymienione, tj. apt–alb oraz eocen, charakteryzują się obniżoną relatywnie wapnistością.

(6) Silikoklastyki bezwapniste zdecydowanie dominują w interwałach: apt–cenoman oraz wyższy paleocen–eocen. Są one reprezentowane głównie przez: łupki wierzowickie, warstwy lgockie, łupki pstre, warstwy godulskie środkowe i górne, warstwy istebniańskie, piaskowce ciężkowickie, warstwy hieroglifowe. Sedymentacja tych wydzielań zachodziła w warunkach szczególnie niekorzystnych dla rozwoju osadów zawierających węgiel wapnia. Utwory te osadzały się w warunkach zwiększonej dostawy średnich i grubych klastyków, spowodowanej wzmocnieniem aktywności tektonicznej ram basenu oraz w okresach osłabionej produkcji materiału wapiennego.

(7) Strefowość rozmieszczenia osadów wapiennych i wapnistych w sekwencjach osadowych pięciu płaszczowin fliszu zewnętrznokarpackiego nawiązuje do ogólnoświatowych zmian poziomu morza, szczególnie w odniesieniu do trendów długofalowych. Zwiększona wapnistość koreluje się ze stadiem przejściowym od maksymalnej transgresji do regresji. Wpływ krótkookresowych oscylacji eustatycznych znajduje się na razie w fazie wstępnego opracowania.

(8) Dokładniejsza interpretacja przyczyn obserwowanego we fliszu zewnętrznokarpackim rozmieszczenia materiału wapiennego wymaga bardziej precyzyjnej stratygrafii. Obecna stratygrafia tych utworów, oparta głównie na mikrofaunie otwornicowej, jest w wielu przypadkach zbyt uproszczona, jak na wymogi interpretacji w odniesieniu do przyczyn o zasięgu ponadregionalnym.

Autorzy składają serdeczne podziękowania Markowi Wojtaszkowi za pomoc w komputerowym opracowaniu rycin. Stanisławowi Dżułyńskiemu oraz Nestorowi Oszczypce autorzy są wdzięczni za sugestie techniczno-merytoryczne do niniejszej pracy.

- BARRON E.J., ARTHUR M.A. & KAUFFMAN E.G. 1985 — Earth Planet. Sc. Letters, 72: 327–340.
- BATES R.L. & JACKSON J.A. 1987 — Glossary of Geology. (3rd ed.), Amer. Geol. Inst., Alexandria — Virginia.
- BATHURST R.G.C. 1975 — Carbonate sediments and their diagenesis. (2nd ed.), Elsevier, Amsterdam.
- BIEDA F., GEROCH S., KOSZARSKI L., KSIĄŻKIEWICZ M. & ŻYTKO K. 1963 — Biul. Inst. Geol., 181: 1–152.
- BIRKENMAJER K. (ed.) 1985 — Main geotraverse of the Polish Carpathians (Cracow–Zakopane), Wyd. Geol.
- BOUMA A.H. 1962 — Sedimentology of some flysch deposits. A graphic approach to facies interpretation, Elsevier, Amsterdam.
- BURTANÓWNA J., KONIOR K. & KSIĄŻKIEWICZ M. 1937 — Mapa geologiczna Karpat Śląskich. Wyniki badań i objaśnienia do mapy, Wyd. Śląskie, Katowice.
- DEAN W.E. & GARDNER J.V. 1986 — Paleocyanography, 1: 539–553.
- DŻUŁYŃSKI S. & SMITH A.J. 1964 — Roczn. Pol. Tow. Geol., 34: 245–266.
- DŻUŁYŃSKI S. & WALTON E.K. 1965 — Developments in Sedimentology, 7: 1–274.
- DŻUŁYŃSKI S. 1979 — [W:] International Symposium. Capri '77. The Geotechnics of Structurally Complex Formations, Associazione Geotecnica Italiana, Milano: 157–166.
- EBERLI G.P. 1991 — [W:] Einsele et al. (eds), Cycles and Events in Stratigraphy, Springer, Berlin: 340–359.
- EINSELE G. 1992 — Sedimentary Basins: Evolution, Facies, and Sedimentary Budget, Springer Verlag, Berlin.
- GEROCH S., JEDNOROWSKA A., KSIĄŻKIEWICZ M. & LISZKOWA J. 1967 — Biul. Inst. Geol., 211: 185–267.
- HACZEWSKI G. 1989 — Ann. Soc. Geol. Pol., 59: 435–524.
- HAQ B.U., HARDENBOL J. & VAIL P.R. 1988 — SEPM Special Publications, 42: 71–108.
- HOUŠA V. 1976 — Acta Mus. Siles., Ser. A, 25: 119–132.
- JAROSZEWSKI W., MARKS L. & RADOMSKI A. 1985 — Słownik geologii dynamicznej, Wyd. Geol.
- KOSZARSKI L. 1985 — Geology of the middle Carpathians and the Carpathian Foredeep. Guide to Excursion No. 3, XIII Congress Carpatho-Balkan Geological Association, Cracow.
- KOTLARCYK J. 1978 — Pr. Geol. Komis. Nauk Geol. PAN, 108.
- KSIĄŻKIEWICZ M. 1935 — Bull. Intern. Acad. Pol., Ser. A: 92–106, 209–253.
- KSIĄŻKIEWICZ M. 1953 — [W:] Regionalna geologia Polski. Tom I — Karpaty, Zeszyt 2 — Tektonika, Pol. Tow. Geol., Kraków.
- KSIĄŻKIEWICZ M. (red.) 1962 — Geological Atlas of Poland. Fascicle 13 — Cretaceous and Early Tertiary in the Polish External Carpathians. Inst. Geol. Warszawa.
- KSIĄŻKIEWICZ M. 1975 — Acta Geol. Pol., 25: 309–367.
- KSIĄŻKIEWICZ M. 1977 — Paleont. Pol., 36: 1–208.
- MEISCHNER K.D. 1964 — [W:] Bouma A.H. & Brouwer A. (eds.), Turbidites, Elsevier, Amsterdam: 156–191.
- MILANKOWITCH M. 1941 — Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitproblem, Acad. Roy. Serbe, Beograd.
- OGLESBY R.J. & PARK J. 1989 — J. Geoph. Res., 94: 14793–14816.
- PESZAT C. 1967 — Pr. Geol. Komis. Nauk Geol. PAN, 44: 1–111. Przew. 49 Zjazdu Pol. Tow. Geol. 1977 — Wyd. Geol.
- Przew. 59 Zjazdu Pol. Tow. Geol. 1988 — Wyd. AGH, Kraków.
- Przew. 63 Zjazdu Pol. Tow. Geol. 1992 — Wyd. AGH, Kraków.
- RAJCHEL J. 1990 — Zesz. Nauk. AGH Geol., 48: 1–112.
- STUDER B. 1827 — Z. Miner., 1: 39–84.
- WÓJCIK K. 1907 — Spraw. Komisji Fizjogr. PAU, 42: 3–24.