

## Osiarkowanie mioceńskich warstw baranowskich w północnej brzeżnej części zapadliska przedkarpackiego

Andrzej Gąsiewicz\*

**The Miocene sulphur-bearing Baranów Beds of northern, marginal part of the Carpathian Foredeep.** *Prz. Geol.*, 50: 601–606.

*S u m m a r y.* The study presents the main features of native sulphur mineralization of the Baranów Beds (Badenian, Miocene) occurring beneath the Osiek–Baranów Sandomierski native sulphur deposit (northern, marginal part of the Carpathian Foredeep). The extent of mineralization exceeds significantly that one developed in the overlying evaporitic series. The native sulphur mineralization of the Baranów beds is characterized by a high local variability of distribution, i.e. both the horizontal and vertical extents, degree of sulphur mineralization, and thickness of sulphur-bearing beds. These parameters are the same as beneath the sulphur ore body as outside the deposit. Sandstones are the main sulphur-bearing rocks, and native sulphur occurs mainly as granules and nodules, other forms like dispersed or massive sulphur mineralization as well as sulphur veins are less common. Relatively enriched in native sulphur is the uppermost part of the Baranów Beds (of 3.5 m thick) which, however, is generally characterized by a high variability of sulphur concentration and low sulphur content (predominantly 2% S and 4% S at average).

**Key words:** Baranów Beds, Miocene (Badenian), native sulphur, Carpathian Foredeep

W północnej brzeżnej części zapadliska przedkarpackiego (ryc. 1), w poziomie ewaporatowym, występują liczne złoża siarki rodzimej (Pawłowski i in., 1987). W różnych częściach tego obszaru, w podłożu utworów ewaporatowych, osiarkowane bywają również warstwy baranowskie. Te ogólnie klastyczne utwory zawierają miejscami znaczne koncentracje siarki rodzimej, występujące niekiedy we względnie grubych kompleksach skalnych (Nieć, 1977; Pawłowski i in., 1985). Forma, rozprzestrzenienie i charakter osiarkowania tych utworów nie były jednak szerzej analizowane, głównie z powodu występowania w utworach piaszczystych, niekorzystnych dla podziemnego wytopu siarki.

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie głównych cech osiarkowania utworów warstw baranowskich na przykładzie rejonu złoża siarki Osiek–Baranów Sandomierski. Dla tego obszaru podano także szacunkowe zasoby siarki rodzimej w warstwach baranowskich. Dla oceny zawartości siarki w badanych utworach oraz dla celów porównawczych przyjęto wyniki uzyskane metodą selekcjonowania odcinków i następnie ewiartowania rdzenia wiertniczego, tj. metodą powszechnie stosowaną przy wykonywaniu dokumentacji geologicznych złóż siarki rodzimej. Na podstawie materiału rdzeniowego zestawiono dane zawarte w dokumentacjach geologicznych złoża Osiek–Baranów Sandomierski w kategorii C<sub>2</sub> (Pawłowski i in., 1976) oraz w kategorii C<sub>1</sub> (Kowalik i in., 1979, 1980, 1982). Dane te stanowią dość wiarygodny materiał analityczny ponieważ „próbki do analiz chemicznych wskaźnikowych z (...) podłoża serii chemicznej były pobierane zawsze o ile makroskopowo stwierdzono w nich osiarkowanie” (Kowalik i in., 1979, s. 34). Uśrednione (według wypracowanej metodyki) zawartości siarki rodzimej (S) podawano dla odcinków o długości 0,2–3,5 m, przy czym w większości (55%) opróbowano odcinki o miąższości 0,2–1,0 m.

### Utwory mioceńskie brzeżnej części zapadliska przedkarpackiego

W północnej, brzeżnej części zapadliska przedkarpackiego, na zróżnicowanej morfologicznie powierzchni

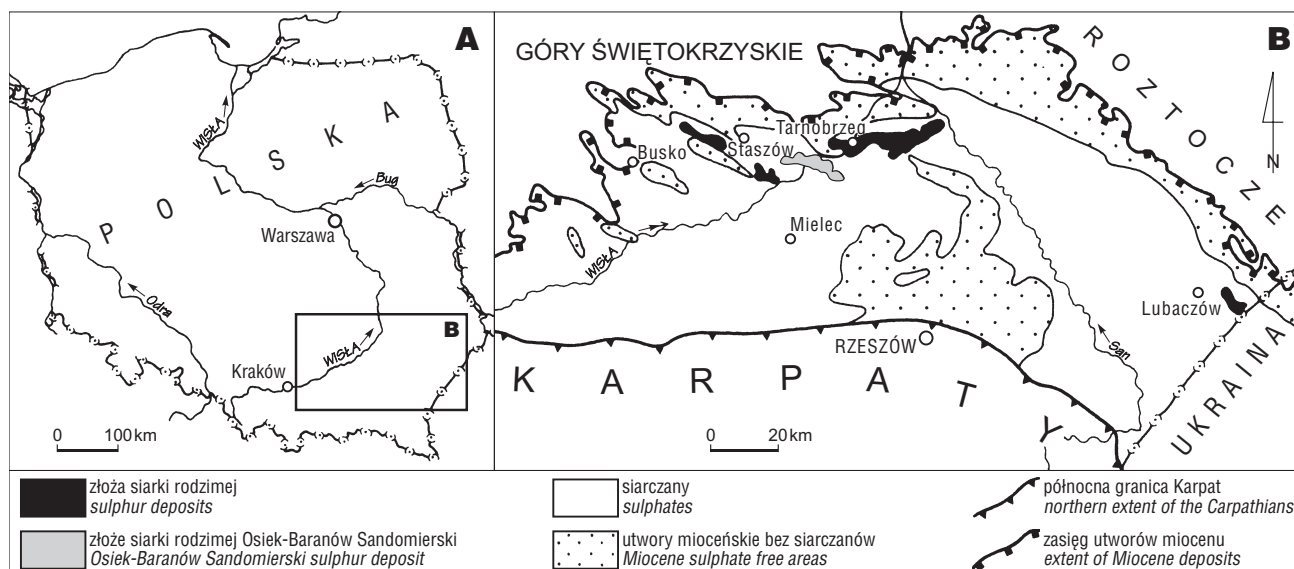
podłoża (paleozoiczno-mezozoicznego), tworzącego system elewacji przedzielonych depresjami, osadziły się (niezgodnie, przekraczając i na ogół z dużą dyskordancją kątową) utwory morskiego miocenu (badenu i sarmatu), które zostały następnie przykryte utworami czwartorzędowymi (np. Pawłowski i in., 1985; Pawłowska, 1994). W strefie złóż siarki rodzimej (ryc. 1) na piętro badenkie składają się następujące, głównie nieformalne jednostki litostratygraficzne (Piwocki i in., 1996): warstwy baranowskie, poziom ewaporatowy, warstwy przegrzebkowe. Utwory badenu są przykryte klastycznymi osadami (iły krakowieckie) sarmatu cechującymi się dużą miąższością i znacznym rozprzestrzenieniem.

W tej części zapadliska, ponad warstwami baranowskimi występuje poziom ewaporatowy o miąższości do kilkadziesiąt metrów. Tworzą go głównie gipsy i utwory wapienne. Ich depozycję poprzedziło lokalne utworzenie w stropie warstw baranowskich cienkiej (1–10 cm) warstewki erwilowej. Gipsy stanowią główną litofację tej strefy zapadliska i odznaczają się dużym zróżnicowaniem facjalnym, cyklicznym rozwojem i znacznym obszarem występowania (np. Kwiatkowski, 1972; Pawłowski i in., 1985; Kubica, 1992; Kasprzyk, 1993; Bąbel, 1999). Głębszą część zapadliska, poza omawianym tu obszarem, zajmują głównie anhydryty. Utwory wapienne, z którymi są związane złoża siarki rodzimej, wykształcone jako różne litofacje (Gąsiewicz, 2000), mogą być płone lub osiarkowane, a lokalnie zawierać soczewki siarczanów, margli i iłowców.

### Warstwy baranowskie

Utwory warstw baranowskich są facjalnie zróżnicowane i ogólnie reprezentowane przez osady piaszczysto-mułowcowe i węglanowe organogeniczne (litotamniowe) o bardzo zmiennej miąższości i z morską makro- oraz mikrofauną. Warstwy baranowskie można podzielić na dwa kompleksy skał o odmiennej charakterystyce litologicznej powstałych w różnych środowiskach depozycji (np. Pawłowski i in., 1985). W dolnej części występuje kompleks osadów brunatno-węglowych (węgliste piaski, piaskowce, mułowce i iłowce z wkładkami lignitu lub łupków lignitowych) o zmiennej miąższości (do ok. 30 m) i z licznymi poziomami gleb kopalnych. W górnej zaś — kompleks osadów piaszczystych i litotamniowych, terygeniczo-biohermowych.

\*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa



**Ryc. 1.** (A) Lokalizacja obszaru badań. (B) Występowanie złóż siarki rodzimej w brzeżnej części zapadliska przedkarpackiego (według Kubicy, 1994; zmienione)

**Fig. 1.** (A) Location of the studied area. (B) Location of native sulphur deposits in the Carpathian Foredeep (after Kubica, 1994, modified)

Utwory górnej części, oprócz lokalnie występujących osadów litotamniowych (o charakterze rafowym lub detrytycznym i często z domieszką materiału piaszczysto-ilastego) stanowią osady klastyczne: piaszczysto-kruche, podrzędnie mułowce i mułowce wapieniste, niekiedy ze znaczną domieszką glaukonitu i z przerostami tufitów bentonitowych oraz grube pakiety przekładających się piaszczystych i luźnych piaszków.

Utwory warstw baranowskich występują prawie na całym obszarze północnej części zapadliska przedkarpackiego, brak ich na sięgającej w tę część regionu obszarze tzw. wyspy rzeszowskiej. W strefie brzeżnej zapadliska miąższość warstw baranowskich uwarunkowana jest rozkładem elewacji i depresji podłoża miocenu o ogólnej orientacji NW–SE. Generalnie podłoże podmiocenne zapada stopniowo od zrębu tarnobrzeskiego w kierunku SW poprzez system wyniesień i obniżeń (Pawłowski i in., 1976, 1985; Kubica, 1992). W bardziej centralnej części zapadliska system wyniesień i obniżeń podłoża zanika, a miąższość badanych warstw staje się bardziej wyrównana, chociaż niewielka (zwykle <10 m; Pawłowski i in., 1987). Rejon złoża siarki Osiek–Baranów Sandomierski znajduje się w strefie dużej zmienności miąższości warstw baranowskich (0–115 m, średnio — 25,6 m). Złoże to jest ogólnie związane z podrzędnym wyniesieniem podłoża miocennego (blok Staszów–Baranów Sandomierski), którego osi szybko zapada w kierunku SE. Strefy osiowe elewacji podłoża i złoża nie pokrywają się (ryc. 2). Poniżej części NW i SE tego złoża występują strefy małej (<10 m) miąższości warstw baranowskich. Natomiast poniżej części środkowej złoża, na skutek wpływu podrzędnych obniżeń i wyniesień, miąższość warstw baranowskich jest większa i wynosi 20–40 m. Poza złożem zaś, w kierunkach NE i SW, miąższość tych utworów ulega zwiększaniu w miarę jak podłoże ulega obniżaniu.

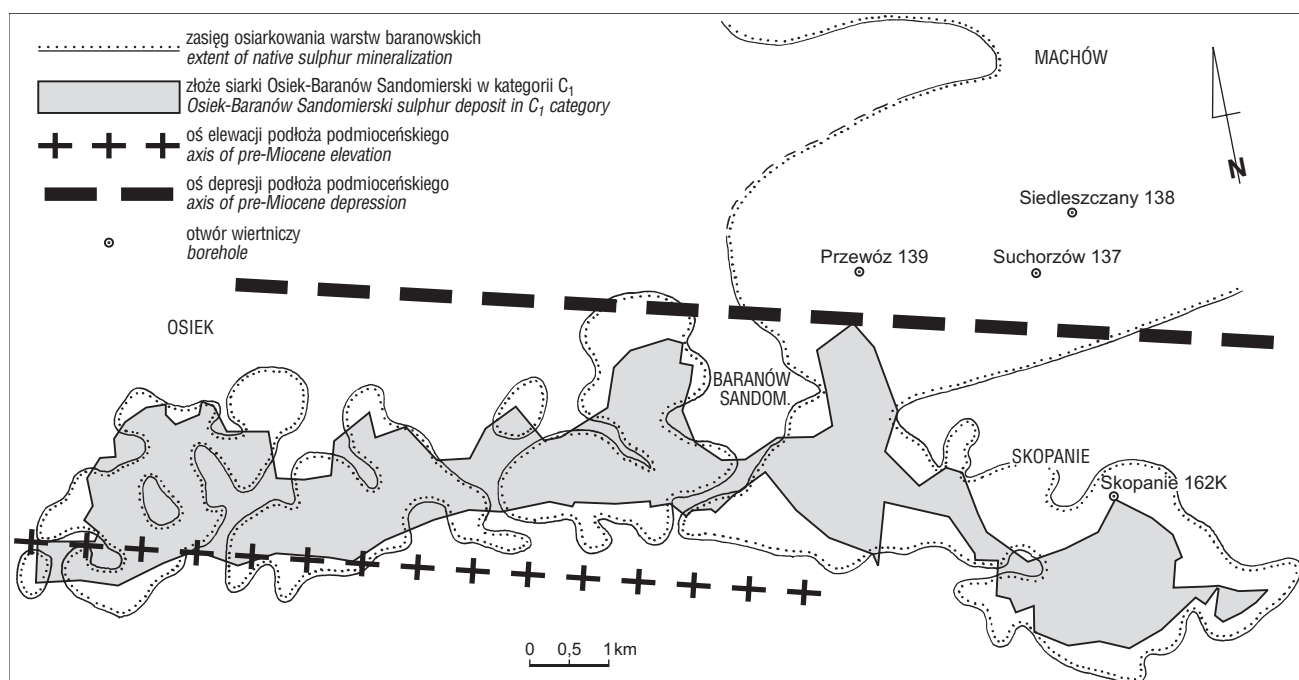
**Utwory osiarkowane.** Warstwy baranowskie w strefie brzeżnej zapadliska są dość często osiarkowane, natomiast w głębszej części zapadliska — rzadko i słabo. Osiarkowane zależą od wykształcenia litologicznego i występuje w

trzech głównych typach utworów, są to: (1) piaszczysto-kruche i piaszczysto-wapieniste i litotamniowe oraz (2) mułowce, margle i ilowce. Miąższość odcinków osiarkowanych nie przekracza 1 m, a rzadziej dochodzi do 2 m.

Główną skałą siarkonośną warstw baranowskich są piaszczysto-kruche. Stanowią one ok. 63% miąższości utworów osiarkowanych i zawierają średnio 6,2%, a maksymalnie 34,2% S. Osiarkowanie piaszczystych jest śladowe, a siarka tworzy w nich sporadyczne i bardzo drobne (<0,5 cm) skupienia cementujące ziarna kwarcu. Nieco więcej siarki zawierają słabo zlitifikowane, tzw. piaszczysto-kruche. Osiarkowanie utworów niepiaskowcowych jest wyraźnie mniejsze i obejmuje zwykle cieńsze warstwy. Wapienie litotamniowe stanowią ok. 5% miąższości skał osiarkowanych i zawierają średnio 1,8%, a maksymalnie 14,8% S. Utwory te w większości (ponad 75%) mają do 2% S, przy czym ponad 45% warstw osiarkowanych zawiera 1–2% S. Mułowce, stanowiące ok. 29% miąższości utworów z siarką, są częściej osiarkowane niż wapienie i znacznie częściej niż margle i ilowce (stanowiące ok. 2% miąższości skał z siarką). Mułowce zawierają średnio 1,84% S, maksymalnie 11,9%, przy czym ok. 80% warstw tych skał zawiera <2% S.

**Rozkład utworów osiarkowanych.** Osiarkowanie warstw baranowskich w rejonie złoża Osiek–Baranów Sandomierski jest lokalne i nieregularne, a obszary zmineralizowane są przedzielone strefami płonnymi (ryc. 2). Obszary osiarkowane jedynie częściowo pokrywają się z zasięgiem złoża w kategorii C<sub>1</sub>, miejscami zaś mineralizacja występuje daleko poza złożem (łącznie zlokalizowane są Osiek–Baranów Sandomierski i Machów). Strefa osiarkowana obejmuje pas o kierunku NE–SW biegnący łukowato od Baranowa Sandomierskiego do Machowa (ryc. 2), poprzecznie do depresji podłoża.

Miąższość osiarkowanych utworów jest bardzo zróżnicowana: od paru centymetrów do ok. 65 m (otwór wiertniczy Siedleszczyzna 138 — ryc. 2). Duże zmiany miąższości tych utworów występują już na bardzo małych odległościach. Osiarkowane są zwykle strefy o względnie większej (5–20 m) miąższości warstw baranowskich. Strefy



**Ryc. 2.** Zasięg osiarkowania warstw baranowskich (cienka linia kropkowana) w rejonie złoża siarki Osiek–Baranów Sandomierski w kategorii C<sub>1</sub> (ciągła grubsza linia)

**Fig. 2.** Extent of native sulphur mineralization (thin dotted line) associated with Osiek–Baranów Sandomierski sulphur deposit in C<sub>1</sub> category (continuous bolder line)

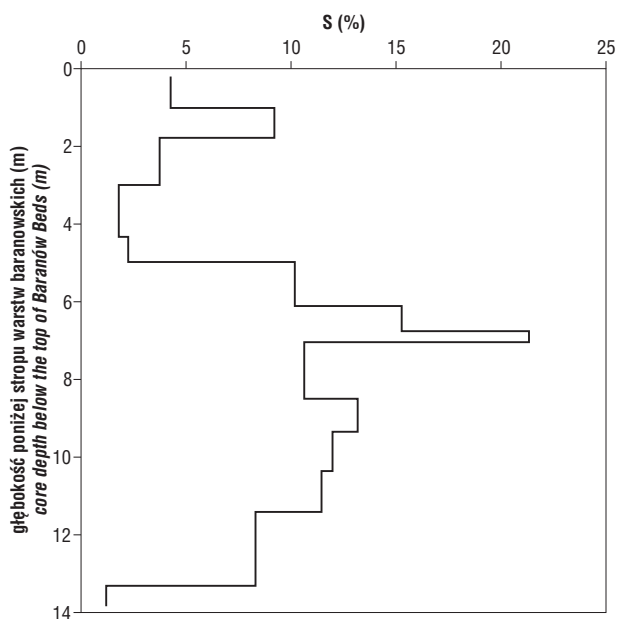
fy te, owalne lub nieco wydłużone, występują lokalnie, nie są równoległe do ogólnej rozciągłości złoża, nie pokrywają się ściśle z lokalnymi (podrzędnymi) depresjami podłoża a ogólnie mieszczą się w granicach złoża w kategorii C<sub>1</sub> (ryc. 2). Porównując natomiast zasięg i rozkład osiarkowania stropowej części warstw baranowskich (ryc. 2) z rozkładem struktur i tekstur rudy siarki w tym złożu (Gašiewicz, 1991—ryc. 2), tj. w poziomie ewaporatowym, jest widoczny brak korelacji rozkładu siarki w obu jednostkach stratygraficznych. Najgrubszy kompleks osiarkowanych warstw baranowskich występuje poza złożem, na NE od Baranowa Sandomierskiego (ryc. 2). Kompleks ten mieści się w skrzydle elewacji podłoża podmioceniowego zrębu tarnobrzeskiego. Wzrost grubości osiarkowanych osadów baranowskich jest niezależny od rozkładu podrzędnych struktur obniżonych i wyniesionych w podłożu miocenu, nie pokrywa się również z lokalną osią depresji (ryc. 2). Rozkład miąższości tych utworów w strefie między osią elewacji podłoża osadów mioceniowych bloku Staszów–Baranów Sandomierski, a osią depresji nie wykazuje stopniowych zmian, jest nieregularny, a poza strefą złoża siarki następuje szybki wzrost grubości tych osadów.

**Rozkład osiarkowania.** W strefie złóż siarki, przy granicy poziomu ewaporatowego i warstw baranowskich, zawartość siarki spada nagle i znacząco, średnio od ok. 25–35% w wapieniach siarkonośnych (Pawłowski i in., 1987) do kilku procent w najwyższej części warstw baranowskich. Osiarkowanie w profilu pionowym warstw baranowskich w strefie złoża Osiek–Baranów Sandomierski jest bardzo zmienne i nieregularne. Siarka może występować w sposób ciągły lub tylko na pewnych odcinkach, bezpośrednio od stropu lub od kilku do kilkunastu metrów poniżej stropu warstw baranowskich (ryc. 3). Większość wystąpień siarki skupia się w stropowej części warstw baranowskich, na odcinku ok. 3,5 m miąższości, niżej zaś

osiarkowanie jest ogólnie przypadkowe i ilościowo niewielkie. Najsilniejsze osiarkowanie występuje przeważnie na głębokości ok. 0,2–3,0 m poniżej granicy z poziomem ewaporatowym. Brak osiarkowania w najwyższym odcinku warstw baranowskich wynika z częstych i cienkich (do kilkunastu centymetrów) wkładek mułowcowych lub większej domieszki ilastej w piaskowcach.

Maksymalna zawartość siarki w warstwach baranowskich wynosi 34,2%, a jej ilość ogólnie maleje w kierunku spągu. Najsilniej osiarkowana jest najwyższa (3,5 m miąższości) część warstw baranowskich, która zawiera średnio 4,05% S (maksymalnie 21,3% S). Miąższość odcinków osiarkowanych jest — jak wspomniano wyżej — zmienna, większość warstw (>55% wszystkich odcinków zawierających siarkę) na ogół nie przekracza 1 m. Dla takich odcinków osiarkowanych zawartość S zmienia się od <1 do 20,3% (Skopanie 162K), zaś dla odcinków o miąższości <0,5 m ilość siarki może dochodzić do 34,2% (Przewóz 139). W 3,5 m miąższości kompleksie stropowym warstw baranowskich większość (52%) odcinków osiarkowanych zawiera do 2% S (przeważnie do ok. 1% S), a 22% odcinków — od 2 do 6% S (ryc. 4)\*. Istotne złożowo warstwy, o miąższości >1 m i zawierające >5% siarki, stanowią ponad 36% odcinków osiarkowanych. Warstwy te zawierają najczęściej 6–8% S. Miałe kompleksy osiarkowane, zwykle o kilkumetrowej a niekiedy kilkunastometrowej grubości (np. w otworach Siedleszczany 138 i Suchorzów 137 — ryc. 2), są rozdzielone różnej grubości utworami płonymi. Zawartość siarki w tych pakietach skal-

\*Ilość siarki rodzimej w płytkach cienkich, traktowana jako ocena „punktowa”, zależy od formy osiarkowania. Siarka wypełniająca przestrzeń międzyziarnową (najczęstsza postać osiarkowania) stanowi miejscami 35–45%, a w dość jednolitych gruzłach siarkowych może stanowić nawet >90% powierzchni płytki.



Ryc. 3. Rozkład osiarkowania warstw baranowskich w otworze wiertniczym S-54 (rejon Skopania)

Fig. 3. Distribution of native sulphur content in the Baranów Beds in S-54 borehole (Skopania area)

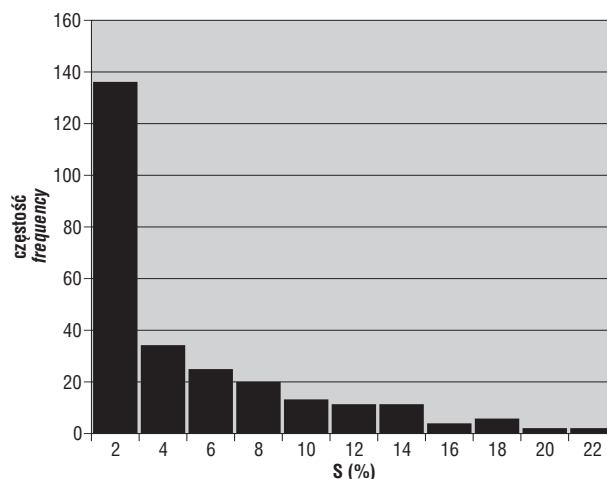
nych zmienia się nieregularnie od <1% do kilku i kilkunastu procent S (ryc. 3). Wzrost zawartości siarki może występować na różnych głębokościach, od <1 m do 6–7 lub kilkunastu metrów poniżej stropu warstw baranowskich.

**Forma osiarkowania i rodzaje siarki.** W warstwach baranowskich siarka występuje głównie jako dość regularne i nieregularne:

- rozdzielone lub połączone, drobne (<1,5 cm) grudki lub większe (>1,5 cm, najczęściej do 4–5 cm, a maksymalnie do 8 cm) gruzły (ryc. 5);
- rozproszenia jednolite i niejednolite, czasem smużyste tzw. „impregnacje” w tle (ryc. 6);
- masywne przerosty, zwykle o grubości do 10–20 cm (maksymalnie zaś do 50 cm; ryc. 7);
- użylenia, zwykle skośne i zygzakowate, o grubości do ok. 1 cm oraz różnej wielkości wypełnienia próżni poziarnowych (zwłaszcza w wapieniach). Wymienione postaci siarki są ogólnie liczniejsze i większe w utworach piaskowcowych.

Najczęstszą formą osiarkowania są grudki i gruzły siarkowe, które zwykle współwystępują ze sobą. Niektóre z tych postaci siarki są złożone z jądra (o wielkości do ok. 1 cm) i grubszego korteksu. Budowa ta jest podkreślona zróżnicowaniem ilości, koloru i krystaliczności siarki. Grudki i gruzły siarki mogą być rozmieszczone nieregularnie lub równoległe do warstwowania i mogą być izolowane lub połączone. Formy połączone mogą zaś tworzyć duże (o wielkości do ok. 15 cm), groniaste skupienia bez wyraźnego zarysu pojedynczych form w części osiarkowanej.

Siarka dość powszechnie występuje również w formie rozproszonej jako dość jednolite, nieregularne lub wydłużone plamy o różnej wielkości i strzępiastych, nierównych i nieostrych granicach. Ta forma osiarkowania nadaje niekiedy skale teksturę wyraźnie smużystą lub laminowaną. Laminy i smugi siarkowe mają zmienną grubość (do 5 cm) i nierówne granice, są proste i faliste, bardziej lub mniej ciągłe oraz wzajemnie równoległe. Poza tym mogą być one zorientowane poziomo lub skośnie, zgodnie z ogólną stratyfikacją.



Ryc. 4. Rozkład osiarkowania w najwyższej, o miąższości 3,5 m, części warstw baranowskich

Fig. 4. Distribution of native sulphur content in the uppermost, of 3.5 m thick, part of the Baranów Beds

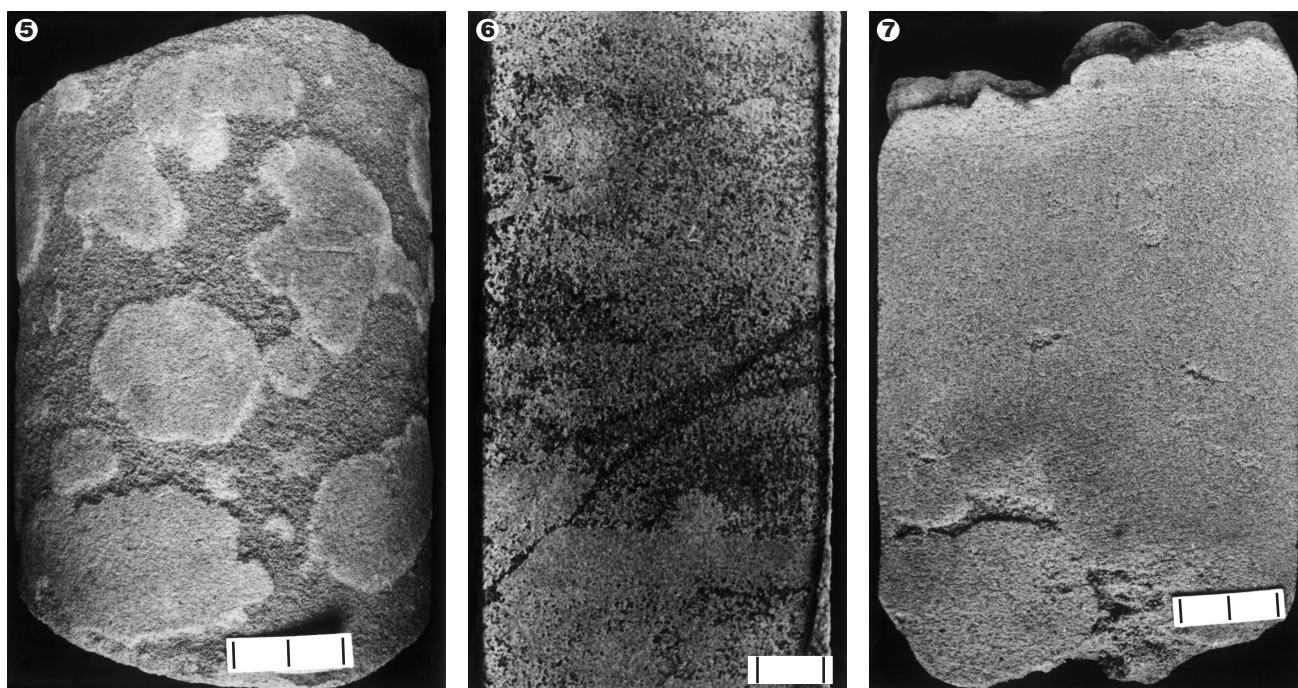
Niektóre smugi i laminy są utworzone z połączenia drobnych grudek siarkowych. Inne zaś, zwłaszcza przy zwiększonym osiarkowaniu, ujawniają tendencję do agregacji grudek i gruzłów lub nakładania się lamin i smug. Prowadzi to do utworzenia nieregularnych, masywnych przerostów siarki w skale.

Inną cechą osiarkowania warstw baranowskich jest to, że niektóre postaci osiarkowania (1–3), poza użyleniami, wykazują tendencję do ugrupowania w poziomy. Poziome te mają miąższość od 3–5 do 30–40 cm (zwykle 10–20 cm) i mogą występować w ilości od 1 do 3 na 1 m rdzenia, a ich liczniejsze wystąpienia tworzą razem grubsze kompleksy mineralne.

Użylenia siarki zawierają wyłącznie siarkę rodzimą. Niektóre grudki i gruzły siarki są w większości lub prawie całkowicie złożone z siarki rodzimej, inne natomiast — w tym formy połączone — wykazują wzrost ilości siarki w częściach środkowych. Utwory osiarkowane siarką typu rozproszonego cechują się większym (w porównaniu z pozostałymi formami osiarkowania) udziałem składników ziarnistych, głównie kwarcu.

Siarka rodzima wypełnia najczęściej próżnie międzyziarnowe lub poziarnowe i nie ma makroskopowo widocznej różnicy co do rozmieszczenia, ilości i rodzaju składników ziarnistych (kwarc, bioklasty, detryt kolonii glonowych i uwęglonych roślin) między tłem a fragmentami osiarkowanymi. Nadaje to mineralizacji siarkowej cech „impregnacji”. Osiarkowane części skał są na ogół nieporowate. Siarka nieregularnie przerasta się z różnokrystalicznym kalcytem. Obserwacje makroskopowe i mikroskopowe wykazują, że kontakt siarki z tłem jest najczęściej nierówny, strzępiasty i zatokowy. Kontakt bardziej regularny występuje natomiast w przypadku grudek i gruzłów siarkowych o niewielkiej ilości składników ziarnistych lub w utworach o słabej lityfikacji i w użyleniach. Miejscami natomiast pojedyncze i drobne kryształy siarki występują w tle złożonym z ksenomorficznych kryształów kalcytu lub w próżniach powstałych po dośrodkowo wzrastającym kalcyście, o czym świadczą zachowane relikty kryształów tego minerału.

Osiarkowanie tworzą dwie odmiany makroskopowe siarki, tj. siarka: żółta, względnie grubokrystaliczna, oraz beżowa, drobno- lub skrytokrystaliczna. Obie odmiany



**Ryc. 5.** Niepołączone i połączone gruzły siarkowe (jaśniejsze) pomiędzy którymi występują drobniejsze grudki siarki. Formy siarki występują w dość jednolitym szarym tle piaskowcowym. Otwór wiertniczy Międzywodzie 149 (rejon Skopania), głęb. 279,00–279,30 m. Skala w cm

**Fig. 5.** Isolated and aggregated sulphur nodules (lighter) and fine sulphur granules in between them. The sulphur forms are embedded in uniform (grey) sandstone matrix. Międzywodzie 149 borehole (Skopanie area), depth 279.00–279.30 m. Scale bar in centimetre.

**Ryc. 6.** Siarka (jaśniejsza) rozproszona jednolicie i smużycie (środkowa część) w tle piaskowcowym. Otwór wiertniczy Międzywodzie 119 (rejon Skopania), głęb. 268,60–268,75 m. Skala w cm

**Fig. 6.** Native sulphur (lighter) uniformly and streaky (middle part) distributed in sandstone matrix. Międzywodzie 119 borehole (Skopanie area), depth 268.60–268.75 m. Scale bar in centimetre

**Ryc. 7.** Masywnie i jednolicie osiarkowany piaskowiec lokalnie bez siarki (szare i drobne fragmenty o „ziarnistej” teksturze). Otwór wiertniczy Międzywodzie 149 (rejon Skopania), głęb. 271,80–272,00 m. Skala w cm

**Fig. 7.** Sandstone with massive and uniform sulphur mineralization containing fine spots lacking sulphur (grey with grainy texture). Międzywodzie 149 borehole (Skopanie area), depth 271.80–272.00 m. Scale bar in centimetre

współwystępują ze sobą lub (najczęściej) tworzą osobne skupienia. W odmianach tych poszczególne kryształy siarki przerastają się wzajemnie i nieregularnie bezładnie wypełniając przestrzeń międzyziarnową. Na granicy siarki i spoiwa kalcytowego (niezależnie od wykształcenia czy to w postaci mikrytu, mikrosparytu, czy sparytu) nie ma widocznej różnicy wielkości i wykształcenia kryształów siarki. Kontakt siarki drobnokrystalicznej z kalcytem tła jest bardziej nieregularny niż kontakt siarki grubokrystalicznej i kalcytu matriks. Stosunkowo częściej występuje pierwsza odmiana siarki, złożona z większych (do 0,15 mm) i lepiej wykształconych kryształów. Druga odmiana siarki jest ilościowo podrzędna (w płytkach cienkich zajmuje ona do ok. 10–15% ich powierzchni), jest złożona z drobnych i bardzo drobnych kryształów (o wielkości do 0,006 mm), zwykle nieprzezroczystych i ksenomorficznych, a miejscami o piramidalnych zakończeniach.

**Zasoby siarki rodzimej.** Dla oceny koncentracji siarki w najwyższej części tych warstw przyjęto dane:

□ średnia miąższość serii osiarkowanej — 3,5 m, obszar złoża Osiek–Baranów Sandomierski udokumentowanego w kategorii  $C_2$  — 21,8046 km<sup>2</sup> (Pawłowski i in., 1976),

□ średnią zawartość siarki rodzimej — 4,05%,

□ średnia gęstość rudy typu piaskowcowego — 2,47 g/cm<sup>3</sup> \*.

Zasoby siarki w najwyższej części warstw baranowskich (o miąższości 3,5 m), obliczono metodą średniej arytmetycznej według wzoru: powierzchnia złoża (km<sup>2</sup>)  $\times$  średnia miąższość odcinka osiarkowanego (m)  $\times$  średnia koncentracja siarki rodzimej w tych utworach (%)  $\times$  przeciętny ciężar objętościowy piaskowcowej rudy siarkowej (g/cm<sup>3</sup>). Zasoby te wynoszą ok. 7,6 mln t S.

Niska średnia zawartość siarki (<5%) i piaszczysty charakter stropowej części warstw baranowskich powodują, że utwory te nie mają znaczenia przemysłowego. Zasoby geologiczne siarki w tej rudzie są pozabilansowe i mieszczą się w klasie zasobów prognostycznych. Ocena tych zasobów jest jednak ważna, choćby z tego względu, że podczas eksploatacji złóż pewne ilości siarki z rudy piaskowcowej mogą ulec wytopianiu i wpływać na ogólne wydobycie.

**Uwagi do genezy osiarkowania.** Wielu badaczy, np. Pawłowska (1962), Pawłowski i in. (1965, 1979, 1985), Nieć (1977, 1982, 1986, 1992) i Kubica (1994) wiąże osiarkowanie warstw baranowskich z dużą mobilnością

\*Gęstość takiej rudy jest zmienna: dla 21 próbek z obszaru tarnobrzeskiego wynosi od 2,22 do 2,57 g/cm<sup>3</sup>, średnio zaś — 2,47 g/cm<sup>3</sup> (Pawłowski i in., dane archiwalne); w tym przedziale wartości gęstości rudy typu piaskowcowego mieszczą się również próbki z rejonu omawianego złoża (Pawłowski i in., 1976)

związków siarki i roztworów węglanowych powstałych w trakcie kształtowania się złóż siarki w poziomie ewaporatowym. Istotnie, w czasie procesów złożotwórczych siarki rodzimej powstają wielkie ilości jonów węglanowych, wodorowęglanowych i siarkowodorowych, które wraz z pozostałymi po tych procesach jonami siarczanowymi (Gąsiewicz, 2000) mogły — jak się wydaje — migrować grawitacyjnie w bezpośrednie podłoże i, zmieniając ostatecznie jego reżim hydrochemiczny, przyczynić się do lityfikacji i osiarkowania stropowej części warstw baranowskich.

### Podsumowanie

□ Osiarkowanie warstw baranowskich brzeżnej części zapadliska jest lokalne i nie wykazuje ścisłego związku z obszarami udokumentowanych złóż siarki w poziomie ewaporatowym. Wiele cech osiarkowania warstw baranowskich w rejonie złoża Osiek–Baranów Sandomierski w strefach innych złóż siarki tej części zapadliska są podobne do siebie (por. np. dane dla złoża tarnobrzeskiego [W:] Nieć, 1977; Pawłowski i in., 1985). W rejonie złoża Osiek–Baranów Sandomierski cechy siarkonośnych warstw baranowskich są następujące:

□ osiarkowanie wykazuje lokalnie znacznie większe rozprzestrzenienie niż w poziomie ewaporatowym;

□ zasięgi osiarkowania i strefy największej koncentracji siarki rodzimej poziomu ewaporatowego i warstw baranowskich pokrywają się w niewielkim stopniu albo wcale;

□ lokalnie zaznacza się silna zmienność zasięgu poziomego i pionowego oraz stopnia osiarkowania, zwłaszcza w odniesieniu do grubszych (>5 m) kompleksów osiarkowanych;

□ zmienność stopnia i form osiarkowania oraz grubości warstw siarkonośnych są takie same w strefie samego złoża siarki jak i poza nim;

□ duża nieregularność poziomego i pionowego rozkładu osiarkowania jest niezależna od głębokości występowania powierzchni stropowej warstw baranowskich;

□ różne formy siarki występują często na tyle licznie, że tworzą wyraźne poziomy wzbogacenia w siarkę występujące na różnych głębokościach poniżej stropu warstw baranowskich;

□ osiarkowanie występuje głównie w piaskowcach o spoiwie kalcytowym, a podrzędnie w mułowcach i wapieniach litotamniowych, a w pozostałych litofacjach — rzadko;

□ siarka występuje głównie w postaci grudek i gruzłów siarkowych (pojedynczych lub połączonych, niekiedy tworzących smużyste laminy i warstewki), jako dość jednolite nieregularne rozproszenia w tle, a także jako masywne przerosty i użylenia; siarka przy tym najczęściej wypełnia przestrzeń międzyziarnową;

□ zaznacza się wzrost koncentracji siarki rodzimej w najwyższej, przystropowej części warstw baranowskich (o grubości do ok. 3,5 m) oraz wyraźne i nieregularne zmniejszanie się stopnia osiarkowania i miąższości warstw siarkonośnych wraz ze wzrostem głębokości poniżej stropu tych warstw; (10) średnia zawartość siarki rodzimej wykazuje dużą zmienność (od <0,5 do 34,2% S) i jest przeważnie niska (2% S), a dla najwyższej części warstw baranowskich wynosi 4% S;

□ zasoby (prognostyczne) siarki rodzimej dla najwyższej części warstw baranowskich w strefie złoża w kategorii C<sub>2</sub> wynoszą ok. 7,6 mln t.

Badania wykonano w ramach działalności statutowej Państwowego Instytutu Geologicznego, temat nr 6.20.6111.00.0. Autor dziękuje anonimowemu recenzentowi za życzliwe i cenne uwagi.

### Literatura

- BĄBEL M. 1999 — Facies and depositional environments of the Nida Gypsum deposits (Middle Miocene, Carpathian Foredeep, southern Poland). *Geol. Quart.*, 43: 405–428.
- GAŚIEWICZ A. 1991 — Cechy litologiczne serii złożowej siarki rodzimej Osiek–Baranów: implikacje do eksploatacji. *Prz. Geol.*, 39: 224–229.
- GAŚIEWICZ A. 2000 — Sedymentologia i diageniza wapieni poseleńitowych a model genetyczny polskich złóż siarki rodzimej. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 172: 1–143.
- KASPRZYK A. 1993 — Lithofacies and sedimentation of the Badenian (Middle Miocene) gypsum in the north part of the Carpathian Foredeep, southern Poland. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, 63: 33–84.
- KOWALIK J., PISKORZ S., ŚMIECH S. & PISKORZ A. 1979 — Dokumentacja geologiczna w kat. C<sub>1</sub> złoża siarki rodzimej „Osiek”. *Kombinat Geologiczny „Południe” w Katowicach. Zakład Projektów i Dokumentacji Geologicznych. Oddział w Kielcach.*
- KOWALIK J., PISKORZ S., ŚMIECH S. & PISKORZ A. 1980 — Dokumentacja geologiczna w kat. C<sub>1</sub> złoża siarki rodzimej „Baranów Sandomierski–Skopanie”. *Kombinat Geologiczny „Południe” w Katowicach. Zakład Projektów i Dokumentacji Geologicznych. Oddz. Kielcach.*
- KOWALIK J., ŚMIECH S. & PISKORZ A. 1982 — Dokumentacja geologiczna w kat. C<sub>1</sub> + C<sub>2</sub> złoża siarki rodzimej „Niekrasów”. *Przeds. Geol. w Kielcach.*
- KUBICA B. 1992 — Rozwój litofacjalny osadów chemicznych badenu w północnej części zapadliska przedkarpackiego. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 133: 1–64.
- KUBICA B. 1994 — Metasomatism of Badenian sulphates of the Carpathian Foredeep and its palaeogeographic conditions. *Geol. Quart.*, 38: 395–414.
- KWIATKOWSKI S. 1972 — Sedymentacja gipsów miocenijskich południowej Polski. *Pr. Muz. Ziemi*, 19: 3–94.
- NIEĆ M. 1977 — Piaskowce siarkonośne w złożach rejonu tarnobrzeskiego. *Spraw. z Pos. Kom. Nauk. Geol. PAN, Kraków* 20: 195–196.
- NIEĆ M. 1982 — Problemy genezy biochemogenicznych złóż siarki na przykładzie złoża Miszrak w Iraku. *Geologia. Z. Nauk. AGH*, 28: 1–163.
- NIEĆ M. 1986 — Procesy transformujące złoża siarki. *Prz. Geol.*, 34: 366–374.
- NIEĆ M. 1992 — Native sulfur deposits in Poland [W:] G.R. Wessel, B.H. Wimberly (Eds.) — Native sulfur developments in geology and exploration: 23–50. Littleton, Colorado.
- PAWŁOWSKA K. 1962 — O gipsach, siarce rodzimej i pogipsowych skałach świętokrzyskiego miocenu. *Ks. Pam. ku czci Prof. J. Samsonowicza*: 69–82. *Wyd. Geol.*
- PAWŁOWSKA K. 1994 — Miocene and its basement in sulphur-bearing areas of marginal part of the Carpathian Foredeep — a summary. *Geol. Quart.*, 38: 365–376.
- PAWŁOWSKI S., PAWŁOWSKA K. & KUBICA B. 1965 — Kopalnia siarki w Piasecznie. *Prz. Geol.*, 13: 252–257.
- PAWŁOWSKI S., PAWŁOWSKA K. & KUBICA B. 1976 — Dokumentacja geologiczna nowoodkrytego złoża siarki rodzimej Osiek–Baranów. *Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.*
- PAWŁOWSKI S., PAWŁOWSKA K. & KUBICA B. 1979 — Geology and genesis of the Polish sulfur deposits. *Econ. Geol.*, 74: 475–483.
- PAWŁOWSKI S., PAWŁOWSKA K. & KUBICA B. 1985 — Budowa geologiczna tarnobrzeskiego złoża siarki rodzimej. *Pr. Inst. Geol.*, 114: 1–109.
- PAWŁOWSKI S., PAWŁOWSKA K. & KUBICA B. 1987 — Siarka rodzima. [W:] R. Osika (red.), *Budowa geologiczna Polski. T. 6. Złoża surowców mineralnych, część IV: Surowce chemiczne*: 378–412. *Wyd. Geol.*
- PIWOCKI M., OLSZEWSKA B. & CZAPOWSKI G., 1996 — Korelacja litostratygraficzna neogenu Polski z krajami sąsiednimi [W:] L. Malinowska & M. Piwocki (red.) — *Budowa geologiczna Polski. T. 3. Atlas skamieniałości przewodnich i charakterystycznych, część 3a: Kenozik. Trzeciorzęd. Neogen*: 517–529. *PAE.*