

MAREK NIEĆ *

MORFOLOGIA STROPU ZŁÓŻ SIARKI I JEJ WPŁYW NA MIKROTEKTONIKĘ SKAŁ NADKŁADU

(Tabl. XX—XXI, 6 fig.)

Morphology of the top surface of sulphur deposits and its influence on microtectonic deformations of rocks forming the overburden

(Pl. XX—XXI, 6 Figs.)

Treść: Przedstawiono wyniki szczegółowych obserwacji rzeźby stropowej powierzchni wapieni siarkonośnych i zaburzeń mikrotektonicznych w utworach tworzących ich nadkład. Uzasadniono, że zjawiska obserwowane powstały w wyniku krasowienia złoża siarki pod nadkładem wyżej leżących utworów. Mogło ono rozpocząć się jeszcze przed sarmatem, a zakończyło się przed holocenem. Nie stwierdzono zaburzeń typu glacitektonicznego.

WSTĘP

Rzeźba powierzchni stropowej złóż siarki zasługuje na uwagę z dwu względów. Z jednej strony jest ona odzwierciedleniem skomplikowanych procesów formujących złoża, z drugiej — jak to zostanie poniżej wykazane — jest przyczyną szeregu zaburzeń tektonicznych w skałach nadkładu wpływających na ich zachowanie się w czasie eksploatacji złoża.

Badane złoża siarki tworzą osiarkowane wapienie z wkładkami margli i ilów, leżące na piaskach, piaskowcach i mułowcach (warstwy baranowskie), a przykryte przez ily silnie margliste i margle ilaste z wkładkami wapieni (warstwy pektenowe oraz ily krakowieckie. Schematyczny profil złoża przedstawia fig. 1.

Przedmiotem zainteresowania autora są zjawiska występujące na pograniczu wapieni siarkonośnych i ilów pektenowych. W polskich złożach siarki omawiane tu zjawiska nie były szczegółowo badane. Na urozmaiconą morfologię stropu złoża i zaburzenia przykrywających je utworów zwracano jednak wielokrotnie uwagę (A. Bolewski, 1939, K. Pawłowska, 1962, S. Pawłowski, 1965, 1968, R. Krajewski, 1962). Na terenie ZSRR były one przedmiotem badań M. G. Percowicza (1960), Ł. G. Tkaczuka i W. I. Kołtuna (1963). Szczegółowe obserwacje przeprowadzone przez autora w rejonie Piaseczna, Machowa i Grzybowa dostarczają nowych danych o morfologii stropu złoża i mikrotektonice skał nadkładu.

* Kraków, al. Mickiewicza 30. Katedra Geologii Kopalnianej AGH, Zakład Geologicznej Obsługi Kopalń.

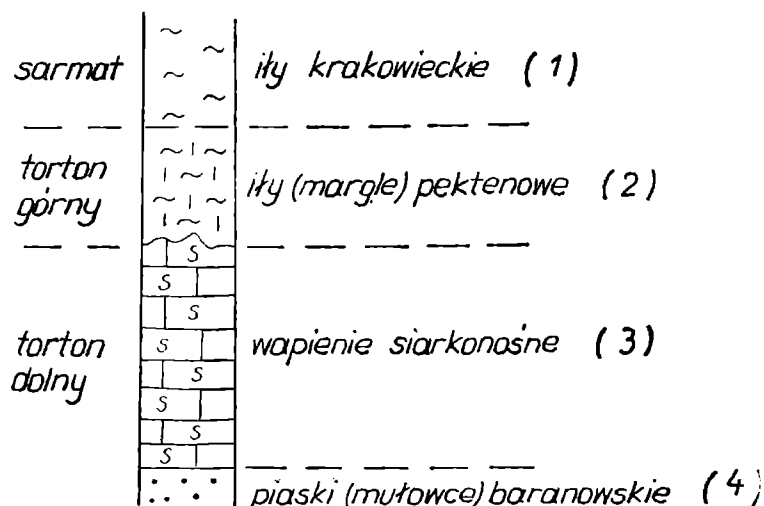


Fig. 1. Schematyczny profil stratygraficzny złoża siarki. 1 — iły krakowieckie; 2 — iły pektenowe; 3 — wapienie siarkonośne; 4 — piaski baranowskie

Fig. 1. Schematic stratigraphic profile of the sulphur deposit. 1 — Krakowice clays; 2 — Pecten clays; 3 — sulphur bearing limestones; 4 — Baranów sands (muds)

MORFOLOGIA STROPU ZŁOŻA SIARKI W PIASECZNIE

Rzeźba powierzchni stropowej wapieni siarkonośnych, interpretowana na podstawie danych z wierceń jest bardzo urozmaicona. Obniżenia i wyniesienia rozmieszczone są chaotycznie. Różnice wzniesień dochodzą do kilku metrów. Jest zjawiskiem charakterystycznym, że w miarę zagęszczania siatki otworów obraz rzeźby komplikuje się coraz to bardziej.

Szczegółowe obserwacje morfologii stropu złoża można przeprowadzić na skarpach odkrywki w Piasecznie. Kontakt wapieni siarkonośnych z wyżej leżącymi ilami jest tu odsłaniany w trakcie zdejmowania nadkładu. Szczególnie dobre odsłonięcia dające pełny profil strefy kontaktowej złoża z nadkładem i pozwalające śledzić ją w sposób ciągły na odcinkach kilkusetmetrowych, znajdują się w grzędach pozostawianych przez zdejmującą nadkład podsiębierną koparkę wieloczerpakową. Linia kontaktu wapieni siarkonośnych z przykrywającymi je ilami, obserwowana nawet na bardzo krótkich odcinkach, jest wybitnie nierówna. Obserwować można szereg obniżeń i wyniesień nieraz o bardzo małej szerokości i dużej amplitudzie. Różnice wzniesień dochodzą nieraz do paru metrów, skłony są często bardzo stromo nachylone, pionowe lub nawet przewieszane. Zagłębienia na powierzchni wapieni mają formy rozmaite. Występują tu obniżenia misowate bądź płaskie, bądź ograniczone stromymi, niekiedy przewieszonymi ścianami, lejki, kominy, kieszenie, nisze. Wyniesienia mają kształt kopuł, guzów, grzybów lub maczug. Przykłady rzeźby powierzchni stropowej przedstawiają ilustracje (fig. 2 i 3 oraz tabl. XX, fig. 1 i tabl. XXI, fig. 1, 2).

Można ogólnie wyróżnić dwa rodzaje form. Duże wielkopromienne obniżenia i wyniesienia o rozmiarach do kilkunastu metrów oraz drobne formy o zasięgu lokalnym i rozmiarach do parudziesięciu centymetrów, dodatkowo komplikujące rzeźbę form pierwszego rzędu. Tam, gdzie po zdjęciu nadkładu powierzchnia wapieni siarkonośnych została całkowicie odsłonięta spod ilów, można obserwować, że poszczególne obniżenia mają owalne zarysy i są bezodpływowe. Nie jest to więc rzeźba powstała w wyniku erozji, lecz typu krasowego.

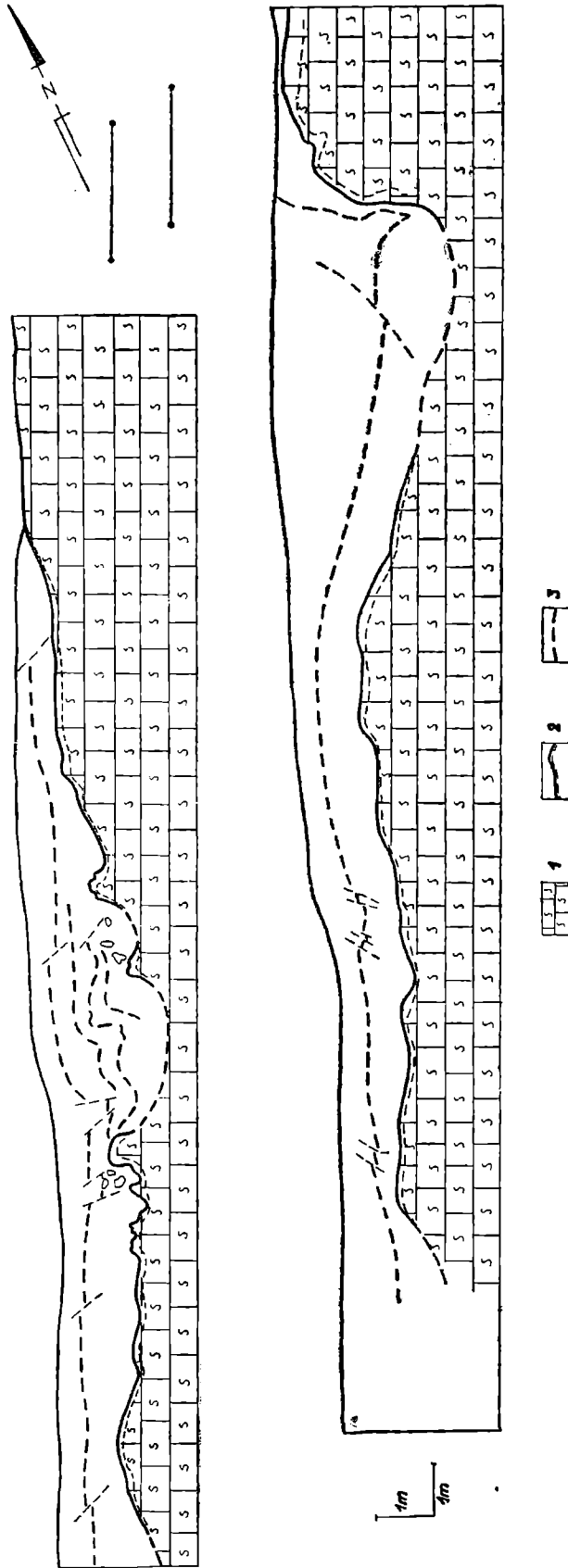


Fig. 2. Przykład morfologii stropu złoża siarki. 1 — wapień siarkonośny; 2 — płonne wapień kaverniste w stropie wapieni siarkonośnych; 3 — ility pectenowe (linią przerywaną zaznaczono układ płaszczysz uwarstwienia)

Fig. 2. An example of the morphology of the top surface of the sulphur deposit. 1 — sulphur-bearing limestones; 2 — cavernous limestones sulphur-less, overlying the sulphur-bearing limestones; 3 — pecten clays (bedding surfaces shown by broken line)

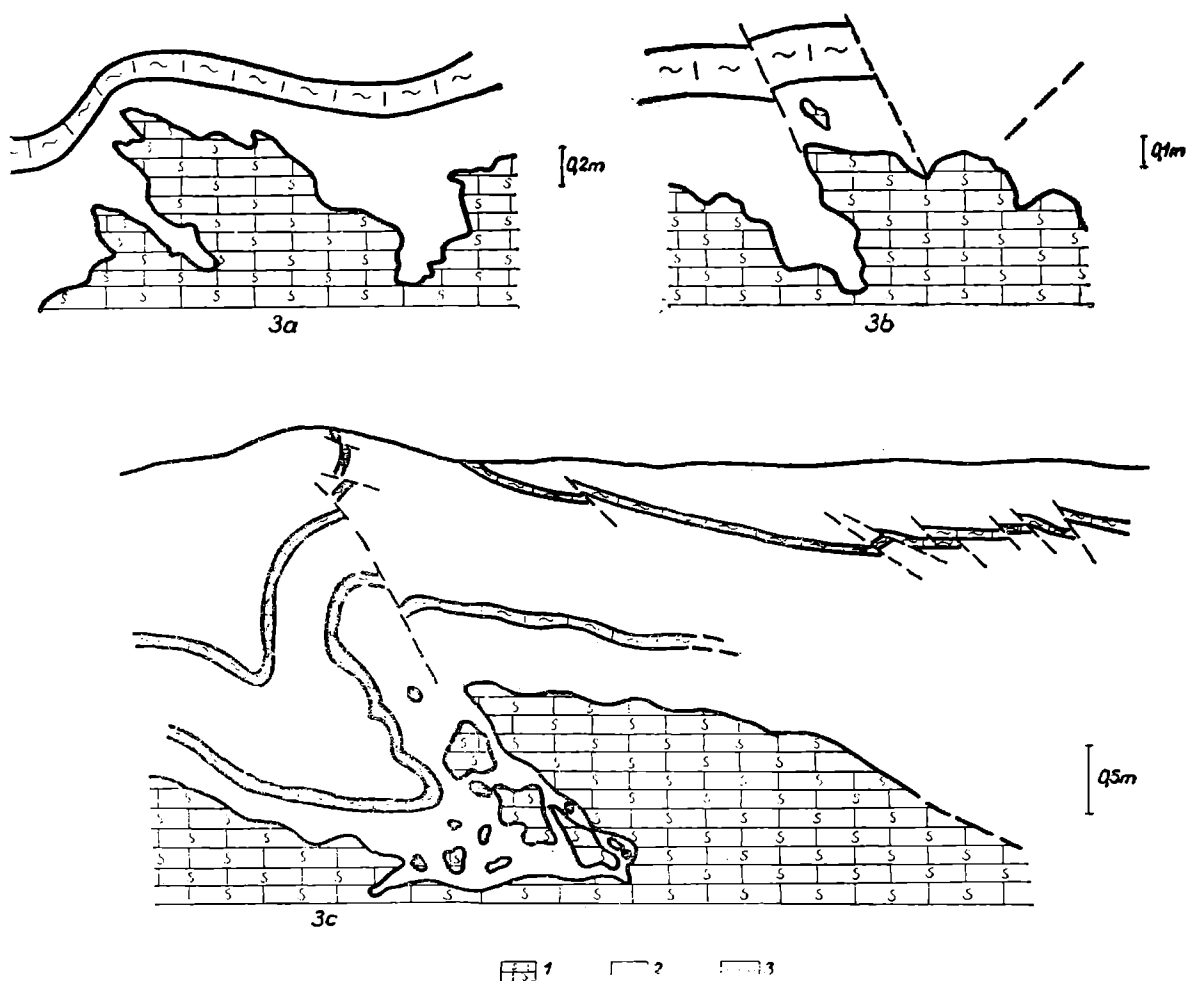


Fig. 3a, b, c. Przykłady rzeźby powierzchni stropowej wapieni siarkonośnych i zaburzeń w bezpośrednim nadkładzie. 1 — wapień siarkonośny; 2 — iły pektenowe; 3 — wkładki margliste

Fig. 3a, b, c. Examples of morphology of the top surface of sulphur-bearing limestones, and of deformations in the immediately overlying clays. 1 — sulphur-bearing limestones; 2 — Pecten clays; 3 — intercalations of marls

W rejonie kopalni, w którym prowadzono dotychczas obserwacje, wyniesienia i obniżenia układały się w ciągi o przebiegu w przybliżeniu równoleżnikowym (wschód—zachód) lub w kierunku SEE—NWW.

Wapień siarkonośny od wyżej leżących iłów oddzielone są zwykle nieregularną strefą płonnych wapieni kawernistych. Strefa ta w Piasecznie ma miąższość zmienną od 0 do około 1 m. Przejście od wapieni siarkonośnych do płonnych jest stopniowe. W wapieniach tych pojawiają się czasem nieregularne lub sferolityczne skupienia markasytu. W tych miejscach, gdzie wapień płonny zanikają, a wapień siarkonośny kontaktują bezpośrednio z wyżej leżącymi iłami, można zwykle obserwować, że powierzchnia kontaktu ścina poszczególne skupienia siarki. Jest to szczególnie dobrze widoczne, gdy siarka tworzy żyłki lub smugi nierównoległe do powierzchni kontaktu (tabl. XXI, fig. 4).

Bezpośrednio ponad wapieniami występują czarne nie uwarstwione iły, silnie zlustrowane, z licznymi nieregularnymi okruchami lub fragmentami wapieni płonnych lub siarkonośnych (fig. 3c). Miąższość takich brekcji ilasto-wapiennych jest zmienna, zwykle większa ponad obniżeniami stropu wapieni siarkonośnych, natomiast mniejsza nad wyniesionymi.

Przedstawione obserwacje wskazują, że stropowa partia wapieni siarkonośnych uległa intensywnemu niszczeniu już po utworzeniu się złoża. Niszczenie to przebiegało przypuszczalnie dwuetapowo. W pierwszym została usunięta siarka, w wyniku czego powstały wapienie kawerniste, w drugim następowało ługowanie tych wapieni. Oba procesy niewątpliwie zazębiały się ze sobą lub odbywały się równolegle. Czarne, nie uwarstwione ily, leżące bezpośrednio na wapieniach, są przynajmniej częściowo utworem rezydualnym, a tkwiące w nich okruchy i fragmenty wapieni stanowią relikty zniszczonej partii złoża.

WYKSZTAŁCENIE I MIKROTEKTONIKA SKAŁ NADKŁADU ZIOŻA W PIASECZNIE

Nadkład złoża tworzą uwarstwione, silnie margliste ily z wkładkami margli, wapieni, mułowców lub piaskowców wapnistych. Są one czarne, ciemnoszare, siwe, brunatne lub zielonawe. Dzięki zróżnicowaniu zabarwienia doskonale jest w nich widoczne uwarstwienie. Ławice bardziej wapniste są na ogół jaśniejsze. Grubość poszczególnych ławic wynosi od kilku do kilkunastu centymetrów. Ily są na ogół twaroplastyczne. Wraz ze wzrostem zawartości CaCO_3 zwiększa się zwięzłość skały. W niektórych ławicach występują obficie szczątki fauny, zwłaszcza małżów, niekiedy jeżowców lub ryb (łuski, fragmenty szkieletu). Skrupki ułożone są równolegle do uwarstwienia skały. Bezpośrednio ponad stropem wapieni siarkonośnych leżą opisane wyżej czarne ily bez fauny, z tkwiącymi w nich często nieregularnymi fragmentami wapieni siarkonośnych lub kawernistych. Występujące ponad nimi utwory są silnie sfałdowane, spękane, pocięte licznymi uskokami. Cechami charakterystycznymi tych zaburzeń są:

- 1) brak ich kontynuacji w leżących poniżej wapieniach siarkonośnych,
- 2) zmniejszanie się ich amplitudy i intensywności w miarę oddalania się od stropu wapieni siarkonośnych (fig. 4b),
- 3) odzwierciedlenie form morfologicznych stropu złoża w kształcie zaburzeń ciągłych (tabl. XX, fig. 1),
- 4) występowanie systemu wzajemnie krzyżujących się spękań i uskoków nachylonych przeciętnie pod kątem 30 do 50°.

Najintensywniejsze zaburzenia obserwować można bezpośrednio nad stropem złoża. Ponad dużymi wypiętrzeniami bądź obniżeniami stropu wapieni siarkonośnych występują wielkopromienne ugięcia warstw (tabl. XX, fig. 1) bądź rzadziej symetryczne fałdy stojące. W przegubach antyklin można obserwować ścienienie poszczególnych ławic, a w synklinach ich pogrubienie. Ponad lejkami czy niszami pojawiają się natomiast bądź wąskie synkliny często z obalonymi skrzydłami (fig. 3c), bądź rowy „tektoniczne” (fig. 4) ograniczone drobnymi uskokami o zrzutach do kilkudziesięciu centymetrów. Zaburzenia fałdowe i uskokowe są w tych przypadkach nieraz tak silne, że prowadzą do zbrekcjowania utworów nadkładowych (fig. 4, tabl. XXI, fig. 3). Skały bardziej zwięzłe, margle i mułowce tworzą okruchy zanurzone w ily. Brekcje takie powstawały w maszywie skał już skonsolidowanych i mają charakter brekcji zapadliskowych.

Występujące w warstwach pektenowych spękania mają powierzchnie równe i gładkie, często zlustrowane i porysowane. Są to więc płaszczyzny ścięcia. Uskoki są zwykle drobne o zrzutach od kilku do kilkudziesięciu cm i wykazują tę samą orientację przestrzenną co i spękania. Nad skło-

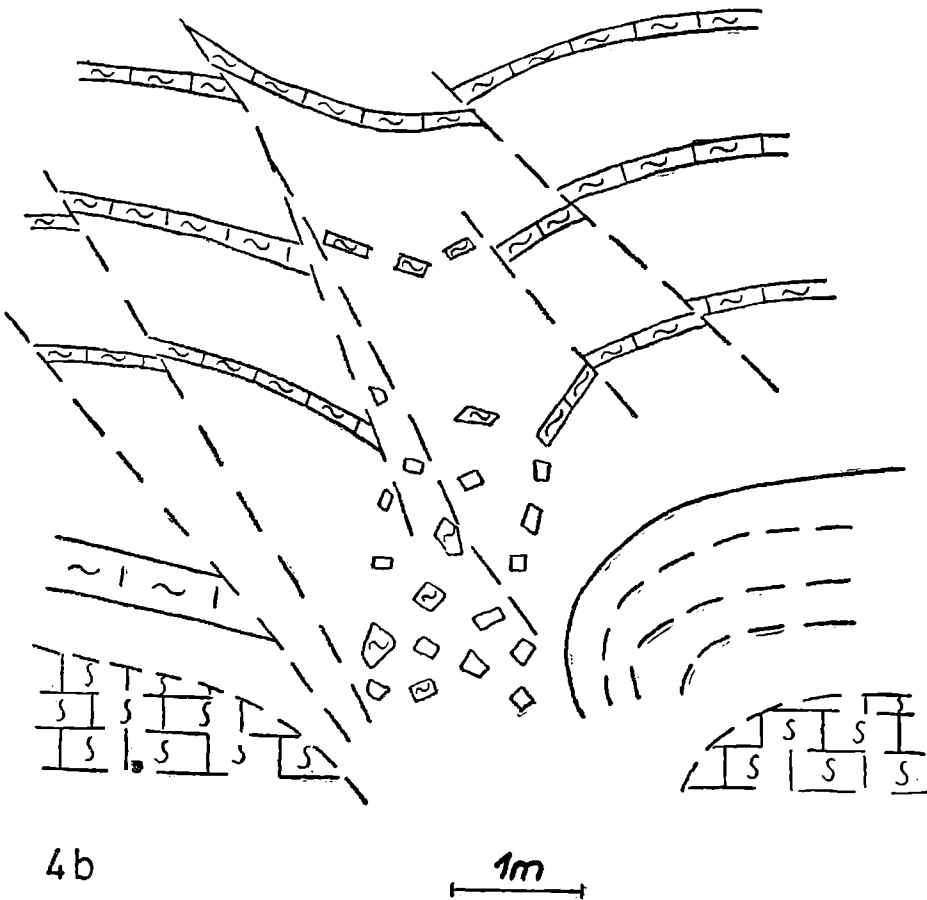
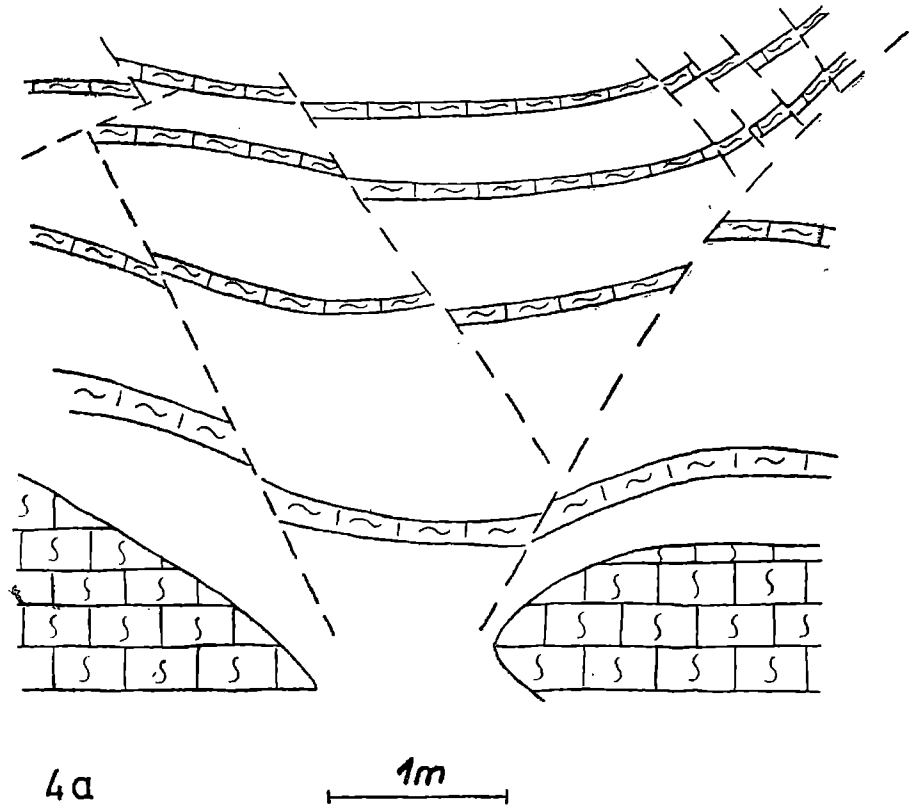


Fig. 4a, b. Przykłady zaburzeń w ilach pektenowych, objaśnienia jak na fig. 3
Fig. 4a, b. Examples of deformations in the Pecten clays. For explanations see Fig. 3

nami większych obniżeń czy wypiętrzeń stropu wapieni siarkonośnych można niekiedy obserwować całą serię uskoków wzajemnie równoległych, normalnych bądź drobnych nasunięć.

Przedstawione cechy charakterystyczne zaburzeń tektonicznych w nadkładzie wapieni siarkonośnych pozwalają sądzić, że pozostają one w ścisłym związku z urozmaiconą rzeźbą powierzchni stropowej tych wapieni.

W miarę tworzenia się obniżeń powierzchni stropowej wapieni pod przykryciem wyżej leżących warstw następowało ugięcie tych warstw i sfałdowanie. Obserwowane systemy spękań w warstwach pektenowych tworzyć się mogły nieco wcześniej w trakcie uginania się warstwy ilów nad wyługowaną komorą, pod wpływem siły ciężkości (fig. 5). W kolejnym etapie, gdy następowało wypełnianie powstałych komór przez ily, które ulegały przy tym sfałdowaniu, mogło mieć miejsce przekształcenie spękań w uskoki w wyniku przesuwania się mas skalnych w kierunku tworzących się obniżeń w stropie wapieni siarkonośnych. Obserwowane rysy i zadziory na powierzchniach spękań świadczą, że ruch ten był skomplikowany. Często odbywał się on w kierunku skośnym w stosunku do kierunku zapadania lub czasem nawet był skierowany w górę, w przypadku wypychania poszczególnych bloków skalnych. Tworzyły się wówczas drobne nasunięcia. Równocześnie zachodziła rotacja płaszczyzn spękań. W rezultacie w wielu przypadkach można obserwować zwiększanie się kąta upadu dużych płaszczyzn spękań i uskoków w miarę zbliżania się do stropu złoża (fig. 4).

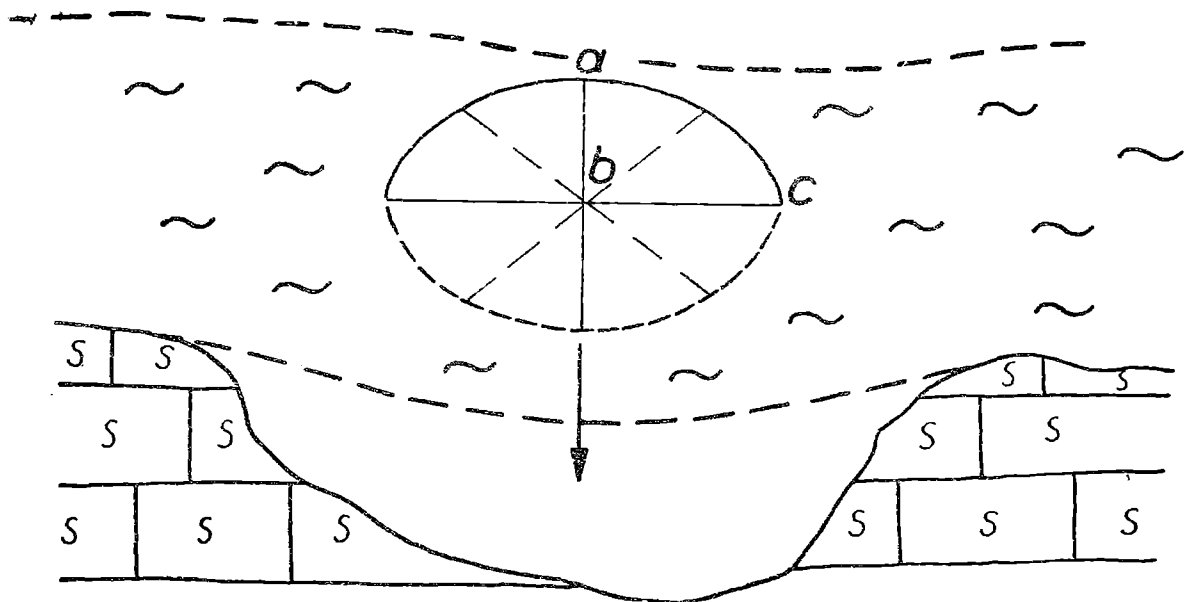


Fig. 5. Schemat tworzenia się spękań w trakcie uginania się warstwy nadkładu nad wyługowaną komorą pod działaniem własnego ciężaru

Fig. 5. Schematic representation of the formation of fractures during bending down of the overburden rocks under their own weight over a cavity produced by dissolution of the limestone

Na zestawionych diagramach spękań z warstw pektenowych obserwuje się duży rozrzut punktów projekcyjnych (fig. 6). Jest to wynikiem wpływu lokalnych elementów rzeźby powierzchni stropowej wapieni na układ spękań. Wpływu tego na diagramie, obejmującym pomiary z dłuższych odcinków skarpy, nie da się wyeliminować. Duży rozrzut punktów projekcyjnych może też być wynikiem rotacji systemu spękań w trakcie uginania się ilów i ich fałdowania.

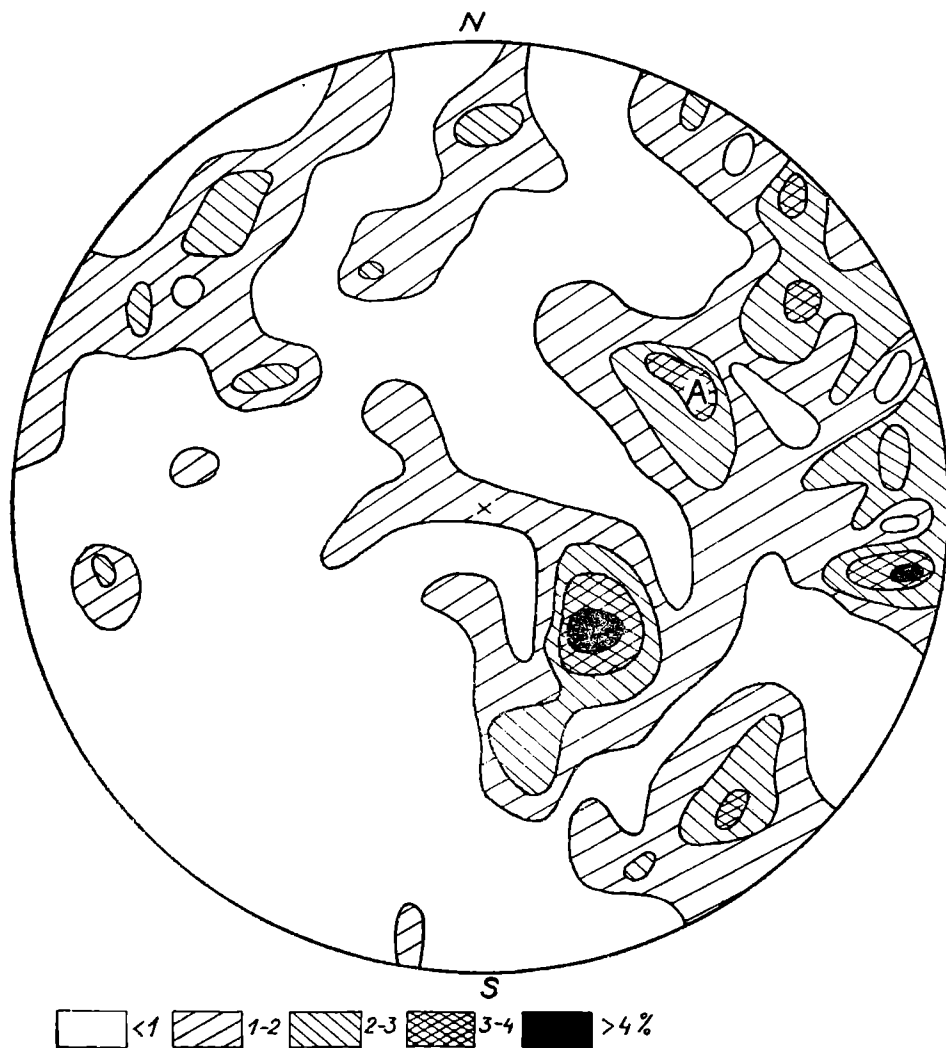


Fig. 6. Diagram konturowy spękań w łałach pektenowych kopalni Piaseczno zestawiony na podstawie pomiarów wykonanych na skarpie przedstawionej na Tabl. XX fig. 1

Fig. 6. Contour diagramm of fractures in the Pecten clays in the Piaseczno opencast mine, based upon measurements carried out on the escarpment shown in Plate XX Fig. 1

MORFOLOGIA STROPU I MIKROTEKTONIKA NADKŁADU INNYCH ZŁÓŻ SIARKI

Na podstawie obserwacji rdzeni wiertniczych w rejonie złóż siarki w Machowie, Grębowie i Grzybowie można sądzić, że opisane zjawiska nie ograniczają się jedynie do rejonu złoża w Piasecznie. Typowy profil interesujących nas utworów nad stropem wapieni siarkonośnych, obserwowany w rdzeniach wiertniczych, przedstawia się następująco (od góry):

1. Iły margliste z wkładkami margli i wapieni, nie spękane lub z pojedynczymi spękaniem, których gęstość nie przekracza 1 na mb.
2. Iły jak poprzednio, silnie spękane. Spękania w ilości do kilku na 1 mb.
3. Iły, jak poprzednio, bardzo silnie spękane, rozpadają się na bloczki o rozmiarach 5 do 15 cm, ograniczone płaszczyznami poślizgowymi.
4. Brekcje ilasto-wapienne utworzone z okruszków płonnych wapieni ka-

wernistych, zanurzonych w masie ilastej (uzysk rdzenia w tej strefie często spada poniżej 30%).

5. Wapienie kawerniste, płonne, przerośnięte ilem.

6. Wapienie siarkonośne.

Miąższości poszczególnych stref są bardzo zmienne. W rejonie Grzybowa, gdzie wykonano szczegółowe obserwacje, miąższość silnie spękanych ilów (strefa 2—4) nad stropem wapieni dochodzi do kilku metrów. Spękania w ilach, podobnie jak w rejonie Piaseczna, ułożone są na ogół pod niewielkim kątem do poziomu, 10 do 40°. Powierzchnia stropowa wapieni siarkonośnych w rejonie Grzybowa posiada również rzeźbę urozmaiconą. Obserwowane różnice wzniesień tej powierzchni w sąsiednich otworach, znajdujących się w odległości co 30 m, dochodzą do kilkunastu metrów. W ilach ponad takimi dużymi obniżeniami powierzchni stropowej obserwować można duże kąty upadu, dochodzące do 90°.

W sarmackich ilach krakowieckich w odkrywce w Machowie występują duże wielkopromienne ugięcia warstw oraz spękania poślizgowe lub drobne uskoki nachylone pod kątem 30 do 45° do poziomu. Spękania te są analogiczne do występujących w warstwach pektenowych w rejonie Piaseczna, są jednakże rzadsze. Niektóre uskoki obejmują tylko część ławic, wygasając stopniowo ku górze. Przypuszczalnie są to zaburzenia synsedymencyjne. W ilach i przewarstwiających je piaskach, a w szczególności na granicy tych utworów, występują często struktury spływowe. Dotychczas obserwowano je w obrębie wypiętrzeń antyklinalnych. Być może są one rezultatem ruchów dna spowodowanych obniżaniem się stropu wapieni siarkonośnych w czasie sedymentacji ilów.

Zjawiska skrasowienia powierzchni stropowej wapieni siarkonośnych i związanych z tym zaburzeń w nadkładzie mają rozprzestrzenienie regionalne. A. B o l e w s k i (1935) obserwował je w okolicy Czajkowa koło Staszowa. H. T e i s s e y r e (1938) opisał występowanie intensywnych zaburzeń w warstwach przykrywających wapień pogipsowe w okolicach Lwowa. Występujące tam wapień ratyńskie stanowiące odpowiednik wapieni siarkonośnych, w wyniku krasowienia pod nadkładem ilów i piasku górnego tortonu, uległy tak silnemu zniszczeniu, że tworzą odosobnione bloki tkwiące w silnie zaburzonych i sfałdowanych piaskach i ilach. Niżej leżące utwory tortonu dolnego nie są zaburzone.

W lubienieckim złożu siarki, znajdującym się na południe od Lwowa, wapień siarkonośny występują w formie fragmentów i okruchów wśród ilów (I. P. I w o n i n et al., 1963). Proces niszczenia złoża jest tu daleko posunięty.

Zjawiska krasowe i zaburzenia skał nadkładu, analogiczne do opisanych, zostały również stwierdzone przez A. G. P e r c o w i c z a (1960) oraz Ł. G. T k a c z u k a i W. I. K o ł t u n a (1963) w złożu w Rozdole.

Na podstawie powyższego krótkiego przeglądu wydaje się, że proces skrasowienia wapieni siarkonośnych pod nadkładem wyżej leżących utworów jest cechą charakterystyczną wielu złóż siarki.

UWAGI O GENEZIE RZEŻBY POWIERZCHNI STROPOWEJ WAPIENI SIARKONOŚNYCH

S. P a w ł o w s k i, K. P a w ł o w s k a i B. K u b i c a (1965) oraz S. P a w ł o w s k i (1968) przyjmują, że nierówna powierzchnia stropowa wapieni siarkonośnych i zaburzenia w przykrywających je ilach po-

wstały w rezultacie zmian objętości przy przejściu gipsów w wapienie siarkonośne (teoretycznie towarzyszyć temu winno zmniejszenie objętości o 30%). Podobny pogląd wypowiadali A. B o l e w s k i (1935) i S. K w i a t k o w s k i (1962) uważając jednak, że płonne wapienie w stropie złóż ulegały skrasowieniu przed osadzaniem utworów młodszych. Istnienia obu procesów nie można wykluczyć, jednakże przedstawione wyżej obserwacje wskazują, że obecna rzeźba powierzchni stropowej wapieni siarkonośnych powstała w głównej mierze w wyniku niszczenia krasowego już sformowanego złoża siarki pod nakładem wyżej leżących utworów, a zaburzenia mikrotektoniczne w nakładzie pozostają w ścisłym związku z tą rzeźbą. Umiejscowienie tego procesu w czasie napotyka trudności. W szczególności interesujące jest, kiedy rozpoczęło się krasowienie wapieni siarkonośnych, gdyż rzuciłoby to światło na czas tworzenia się złoża.

Obserwowane synsedymencyjne zaburzenia w iłach krakowieckich zdają się wskazywać, że procesy formowania zaburzeń mikrotektonicznych w nakładzie trwały w ciągu sarmatu¹, przy czym rozpocząć się mogły już wcześniej, np. w okresie przerwy sedymencyjnej między sarmatem a górnym tortonem lub nawet przed osadzaniem iłów pektenowych.

Proces krasowienia złoża trwał zapewne w dalszym ciągu po sarmacie. E. J o Ń c a (1963) obserwował w rejonie położonym na SE od Staszowa lejki krasowe rozwinięte w wapieniach dolnotortońskich i reprodukowane w przykrywających je iłach krakowieckich i glinach zwałowych. W glinach tych występują zaburzenia mikrotektoniczne. Rozwój krasu miał tu miejsce po zlodowaceniu krakowskim, ale przed utworzeniem się w tym rejonie wydm, które są starsze od lessu (przed interglacjalem eemskim). W rejonie Smerdyny tworzyły się studnie krasowe przypuszczalnie jeszcze w okresie interglacjału wielkiego również pod przykryciem glin morenowych zlodowacenia krakowskiego (E. J o Ń c a, 1963; E. M y c i e l s k a - D o w g i a ł ł o, 1965).

Występujące w Piasecznie piaski i żwiry osadzone pod koniec zlodowacenia bałtyckiego i w holocenie (A. K r a u s s, E. M y c i e l s k a - D o w g i a ł ł o, K. S z c z e p a n e k, 1965) leżą niezgodnie na zaburzonych iłach pektenowych ścinając poszczególne formy mikrotektoniczne. Na podstawie powyższych danych wydaje się, że proces krasowienia wapieni siarkonośnych mógł trwać (z przerwami) poprzez sarmat, pliocen aż do młodszego pleistocenu i zakończył się zasadniczo przed holocenem. W partiach złóż położonych blisko powierzchni może mieć miejsce jeszcze współcześnie.

Nateżenie procesów krasowych mogło następować w okresach przerw sedymencyjnych między tortonem górnym a sarmatem oraz w pliocenie. Przyjmuje się, że w tych okresach w rejonie Buska i Sandomierza miało miejsce intensywne krasowienie gipsów, wapieni litotamniowych i wapieni detrytycznych sarmatu (R. G r a d z i ń s k i, T. W ó j c i k, 1966; E. M y c i e l s k a - D o w g i a ł ł o, 1965). W Piasecznie procesy krasowe mogły się ponadto rozwijać intensywnie w interglacjale eemskim, w trakcie głębokiego wcinania dolin Wisły aż do stropu serii siarkonośnej.

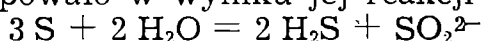
W złożu w Rozdole według danych A. G. P e r c o w i c z a (1960) proces

¹ Wskazywałoby to, że złożo siarki tworzyło się przed sarmatem. Warto tu wspomnieć, że R. K r a j e w s k i (1962), I. I. A l e k s e n k o (1967) i inni uważają, że wapienie siarkonośne przynajmniej częściowo tworzyły się synsedymencyjnie.

krasowienia wapieni siarkonośnych rozpoczął się przed górnym tortonem i powtarzał się kilkakrotnie w ciągu górnego tortonu i sarmatu w okresie przerw sedymentacyjnych. B. W. Merlicz, N. M. Tkaczenko i N. S. Korobiejnikow (1963) stwierdzili ponadto, że intensywne niszczenie złoży miało miejsce w starszym czwartorzędzie i było procesem długotrwałym a według danych A. G. Sokołowa, G. M. Wdowiczki i W. I. Karpenki (1968), ostatni akt krasowienia miał miejsce pod koniec pleistocenu w okresie riss-würm.

Proces krasowienia wapieni siarkonośnych przebiegał przypuszczalnie dwuetapowo. W pierwszym etapie usuwana była siarka, w drugim węglan wapnia. Warunki fizykochemiczne, w jakich te procesy przebiegały, na razie nie są znane. Obecność markasytu w stropowych wapieniach kawernistycznych i hauerytu w ilach pektenowych nad stropem serii złoży wskazuje, że zachodziły one w warunkach redukcyjnych w środowisku kwaśnym.

A. G. Percowicz (1963) opierając się na badaniach C. F. Crossa, A. Higginsa, E. Cherbuliera, R. Weibla i innych uważa, że usuwanie siarki następowało w wyniku jej reakcji z wodą:



lub

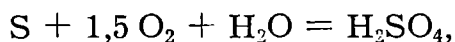


Szybkość tworzenia się H_2S w wodach złóż siarkonośnych według danych M. W. Iwanowa, cytowanych przez A. G. Percowicza (1963), wynosi współcześnie 1,5—2 mg/l w ciągu doby.

Nie można również wykluczyć, że siarka mogła być ługowana z udziałem rozpuszczonych w wodzie siarczków metali alkalicznych, np. CaS (R. Krajewski, 1962).

Powstający w wyniku wyżej przytoczonych reakcji H_2S jak i kwasy tlenowe znacznie podwyższają agresywność wody w stosunku do wapieni i przyspieszają ich rozpuszczanie.

W partiach złóż położonych bliżej powierzchni, gdzie ułatwiony był dostęp tlenu atmosferycznego, mogło dochodzić również do reakcji typu:



przebiegającej z współudziałem bakterii, np. *Thiobacillus thiooxidans*, których obecność stwierdzono współcześnie w kopalni w Piasecznie (E. Fischer, A. Dowgiałło, 1965), (J. Czermiński, 1968).

Ługowana siarka lub jej związki były przynajmniej częściowo wyznoszone poza obręb wapieni siarkonośnych. Świadczy o tym pojawienie się siarki w ilach pektenowych. Tworzy tu ona naloty na powierzchniach spękań, nieciągłe żyłki lub rzadziej gniazdka. Osiarkowanie takie obserwowano w Piasecznie szczególnie często nad skłonami garbów wapieni siarkonośnych, a więc w miejscach, w których w wyniku ugięcia się skał nadkładu istniały największe naprężenia rozciągające powodujące otwarcie szczelin, w które mogły wnikać roztwory wnoszące siarkę. W rdzeniach wiertniczych z warstw pektenowych przy ich rozbijaniu daje się często czuć wyraźny zapach H_2S w odległości nawet kilku metrów od stropu złoży. Niekiedy pojawia się haueryt (MnS_2) powstający w wyniku reakcji siarkowodoru z manganem obecnym w ilach (Hübicka-Ptasńska M. et al., 1969).

Zaburzenia mikrotektoniczne w nadkładzie formowały się równolegle z rozwojem zjawisk krasowych. W pleistocenie rozwój zaburzeń mógł ulec dodatkowo nasileniu pod działaniem statycznym i dynamicznym pokryw

lodowej. Być może, że niektóre zaburzenia (np. obserwowane nasunięcia) mają pochodzenie glacitektoniczne. Jednakże wzrost intensywności większości zaburzeń z głębokością wyklucza możliwość przyjęcia dla wytłumaczenia ich genezy koncepcji glacitektonicznej.

ZAGADNIENIA PRAKTYCZNE

Urozmaicona rzeźba stropu złóż siarki i zaburzenia mikrotektoniczne w nadkładzie utrudniają eksploatację. W przypadku eksploatacji odkrywkowej w spękanych ilach płaszczyzny poślizgowe ułatwiają powstanie licznych osuwisk, zwłaszcza gdy nachylenie płaszczyzn oddzielności (cios, uwarstwienie) jest zgodne z nachyleniem skarpy. Na podstawie znajomości morfologii stropu złoża oraz rozmieszczenia i zasięgu zaburzeń w nadkładzie możliwe jest prognozowanie takich osuwisk (A. G. Percowicz, L. P. Markowicz, 1966).

W przypadku eksploatacji otworowej należy się liczyć z występowaniem nietrwałego stropu załamującego się do komór poeksploatacyjnych. Zjawisko to winno być brane pod uwagę przy określaniu bezpiecznej miąższości nadkładu nad eksploatowanym złożem.

W związku z powyższym przy dokumentowaniu złóż siarki wskazana jest szczegółowa rejestracja zaburzeń mikrotektonicznych obserwowanych na rdzeniach wiertniczych (gęstość i rodzaj spękań, kąt nachylenia, ułożenie warstw). W otworach rozpoznawczych winien być w tym celu pobierany rdzeń z utworów nadkładu przynajmniej na odcinku 10 m ponad stropem złoża, gdyż do tej wysokości, jak wskazują obserwacje z rejonu Grzybowa i Machowa, sięgają intensywne zaburzenia.

Urozmaicona rzeźba wapieni siarkonośnych powoduje ponadto, że w czasie eksploatacji odkrywkowej przy zdejmowaniu nadkładu powstają straty w wyniku ścinania wypiętrzonych partii wapieni i zubożenie złoża przez ily pozostające w obniżeniach.

*Katedra Geologii Kopalnianej AGH
Zakład Geologicznej Obsługi Kopalń
Kraków*

WYKAZ LITERATURY

REFERENCES

- Bolewski A. (1935), O złożu siarki w Posądy. *Spraw. Państw. Inst. Geol.*, 8, 3.
- Bolewski A. (1939), Badania terenowe występowania siarki w Wiśniowej Woli i Czajkowie (ark. Staszów), wykonane w roku 1937. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 9, Warszawa.
- Czermiński J. (1968), Epigenetic processes within Tortonian Sulphurbearing Series. *Int. Geol. Congr. Rep. XXIII Sess. Proc. Sec. 8*, Genesis and classification of Sedimentary Rocks.
- Fischer E., Dowgiałło A. (1965), Uwagi o bakteriach siarkowych wód odkrywkowej kopalni siarki w Piasecznie na tle cech środowiska. Przewodnik XXXVIII Zjazdu Pol. Tow. Geol. *Wyd. geol.* Warszawa.
- Gradziński R., Wójcik Z. (1966), O krasie kopalnym w Polsce. *Pr. Muzeum Ziemi* 9, Warszawa.
- Hubicka-Ptasińska M., Nieć M., Żabiński W. (1969), Hauerite from Grzybów (Poland). *Bull. Ac. Pol. Sc. s. geol. geogr.* 17, 2.

- Jońca E. (1963), Studnie krasowe w Smerdynie. *Czas. geogr.* 34, 1.
- Jońca E. (1963), Z geomorfologii wschodniej części Niecki Nidziańskiej. *Czas. geogr.* 34, 3.
- Kowalewski K. (1957), Trzeciorzęd Polski południowej. 1, 1. *Biul. Inst. Geol.* 119, Warszawa.
- Krajewski R. (1962), O budowie i powstaniu złoża siarki w Piasecznie. *Wszechświat* 4.
- Krauss A. M., Mycielska-Dowgiałło E., Szczepanek K. (1965), Wstępne wyniki badań nad wiekiem osadów doliny Wisły pod Tarnobrzegiem. *Prz. geol.* 6.
- Mycielska-Dowgiałło E. (1965), Rozwój geomorfologiczny wschodniej części Wyżyny Sandomierskiej w górnym miocenie i pliocenie. *Prz. geogr.* 37, 4.
- Pawłowski S., Pawłowska K., Kubica B. (1965), Kopalnia siarki w Piasecznie. *Prz. geol.* 6.
- Pawłowski S. (1968), Geology of Sulphur Deposits in Poland. *Int. Geol. Congr. Rep. XXIII Sess. Proc. Sec. 8*, Genesis and classification of Sedimentary Rocks.
- Teisseyre H. (1938), Niektóre zagadnienia z paleogeografii południowego Roztocza. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 14, Kraków.
- Aleksenko I. I. — Алексенко И. И. (1967), Самородная сера. Недр. Москва.
- Ivonin I. P., Davydov V. V., Zorin L. F., Ivannikov J. A. — Ивонин И. П., Давыдов В. В., Зорин Л. Ф., Иванников И. А. (1963), Открытая разработка месторождений самородной серы. Госгортехиздат Москва.
- Merlich V. V., Dasenko N. M., Korobejnikov N. S. — Мерлич В. В., Даценко Н. М., Коробейников Н. С. (1963), К вопросу о времени окислительного разрушения серных руд роздольского месторождения. Минералогический сборник Львовск. Минер. О-ва. № 17.
- Perovich M. G. — Перцович М. Г. (1962), Карстові явища на роздольському родовищі сірки. ДАН УРСР, 5.
- Perovich M. G. — Перцович М. Г. (1963a), О генезисе сероводородных вод роздольского месторождения. ДАН СССР 150, 1.
- Perovich M. G. — Перцович М. Г. (1963b), Карстові процеси та їх вплив на дислокацію розкривних порід роздольського родовища. ДАН УРСР 12.
- Perovich M. G., Markovich L. P. — Перцович М. Г., Маркович Л. П. (1966), Про прогнози зсувів на бортах кар'єру роздольського родовища сірки. ДАН УРСР. 1.
- Sokolov A. G., Vdovichenko G. M., Karpenko V. I. — Соколов А. Г., Вдовиченко Г. М., Карпенко В. И. (1968), Связь выветривания роздольского месторождения с его древним осушением. Бюль. Моск. Общ. Исп. Прир. от. геол. 4.
- Tkachuk L. G., Koltun V. I., — Ткачук Л. Г., Колтун В. И. (1963), Деякі питання карсту в гіпсоангідритовому горизонті Придністров'я. Геол. журн. XXIII. 4.

SUMMARY

Abstract: Results of detailed observations of the morphology of the top surface of sulphur-bearing limestones in the Tarnobrzeg area and of microtectonic deformations of the overburden rocks are presented. These phenomena were produced by karst processes operating within the sulphur-bearing limestones under the cover of the overlying rocks. These processes could begin even before the Sarmatian and ended before the Holocene. No glacitectonic deformations were observed.

The investigated sulphur deposits consist of sulphur-bearing limestones underlain by sands and siltstones of the Baranów beds, and covered by marly clays of the Pecten beds and of the Krakowiec clays (Fig. 1). The present paper is concerned with phenomena occurring on the contact of the sulphur-bearing limestones and the clays of the Pecten beds. The morphology of the top surface of the limestones is irregular (Fig. 2), and characterized by the presence of numerous depressions and protuberances often of small width and large amplitude. The denivellements amount up to several metres.

The slopes are steep or even overhanging. Typical forms observed in the Piaseczno opencast mine are shown in Fig. 2, Fig. 3, and Pl. XX, Fig. 1, Pl. XXI, Fig. 1, 2. The individual depressions have an oval outline, no outlet, and are arranged into strings trending in E-W, and SEE-NWW directions.

The sulphur-bearing limestones are separated from the overlying clays by an irregular zone of sulphur-less cavernous limestones 0—1 m thick. The passage from the sulphur-bearing limestones to the barren ones is gradual. At places where the sulphur-bearing limestones are contacting directly with the overlying clays the contact surface is truncating the individual sulphur aggregates (Pl. XXI, Fig. 4). The limestones are overlain directly by black non-bedded clays containing numerous irregular fragments of the underlying limestones. Higher lie bedded marly clays with intercalations of marls, limestones, siltstones and calcareous sandstones. These rocks are folded, faulted and fractured (Pl. XX, Fig. 2). The deformations are characterized by the following features:

- 1 — they do not continue into the underlying sulphur-bearing limestones,
- 2 — their amplitude and intensity is greatest immediately above the top of the sulphur-bearing limestones and decreases with increasing distance from the contact,
- 3 — the morphological forms of the top surface of the sulphur-bearing limestones are followed by the folds in the overburden rocks,
- 4 — a system of intersecting fractures with slickensided surfaces and of faults inclined at an angle of 30—50° is present.

Typical examples of these deformations are shown in Fig. 3 and Pl. XX, Fig. 2. Above deep, funnel-shaped depressions in the surface of the sulphur-bearing limestones the intense deformations produced a complete brecciation of the clays (Fig. 4, Pl. XXI, Fig. 3).

The described observations indicate, that the top surface of the limestones was intensely dissected under the cover of the overlying sediments, and after the formation of the sulphur deposit. The process probably took place in two phases: first, the sulphur was removed, and cavernous limestones were formed, while in the second phase calcite was dissolved and removed. A part of the sulphur removed from the sulphur-bearing limestones was deposited in the overlying clays, occasionally. Sulphur forms coatings on the fracture surfaces, veinlets and small nests above the slopes of humps of the surface of the sulphur-bearing limestones. The black clays with limestone fragments directly overlying the sulphur-bearing limestones are a residual product. The process occurred under the overburden of the Pecten clays. The deformations on these clays were produced by down-bending of the clays over the depressions produced in the surface of the limestones (Fig. 5). In zones of maximum intensity of the deformations collapse breccias were formed.

Volume reduction associated with the transformation of gypsum into sulphur-bearing limestones could be an additional factor facilitating the deformations of the overlying rocks, but the described observations indicate, that the karst processes were the principal cause of these deformations.

The uneven upper surface of the sulphur-bearing limestones is typical for nearly all deposits known in the Carpathian Foredeep. An exact determination of the age of the karst processes in the sulphur-bearing limestones is not possible. They could begin even before the Sarmatian, and ended before the Holocene.

The presence of an uneven upper surface of the sulphur-bearing limestones creates difficulties for the working of the sulphur deposits both by open cast mining and by the Frash method.

*School of Mining and Metallurgy
Department of Mining Geology
Kraków*

translated by
R. Unrug

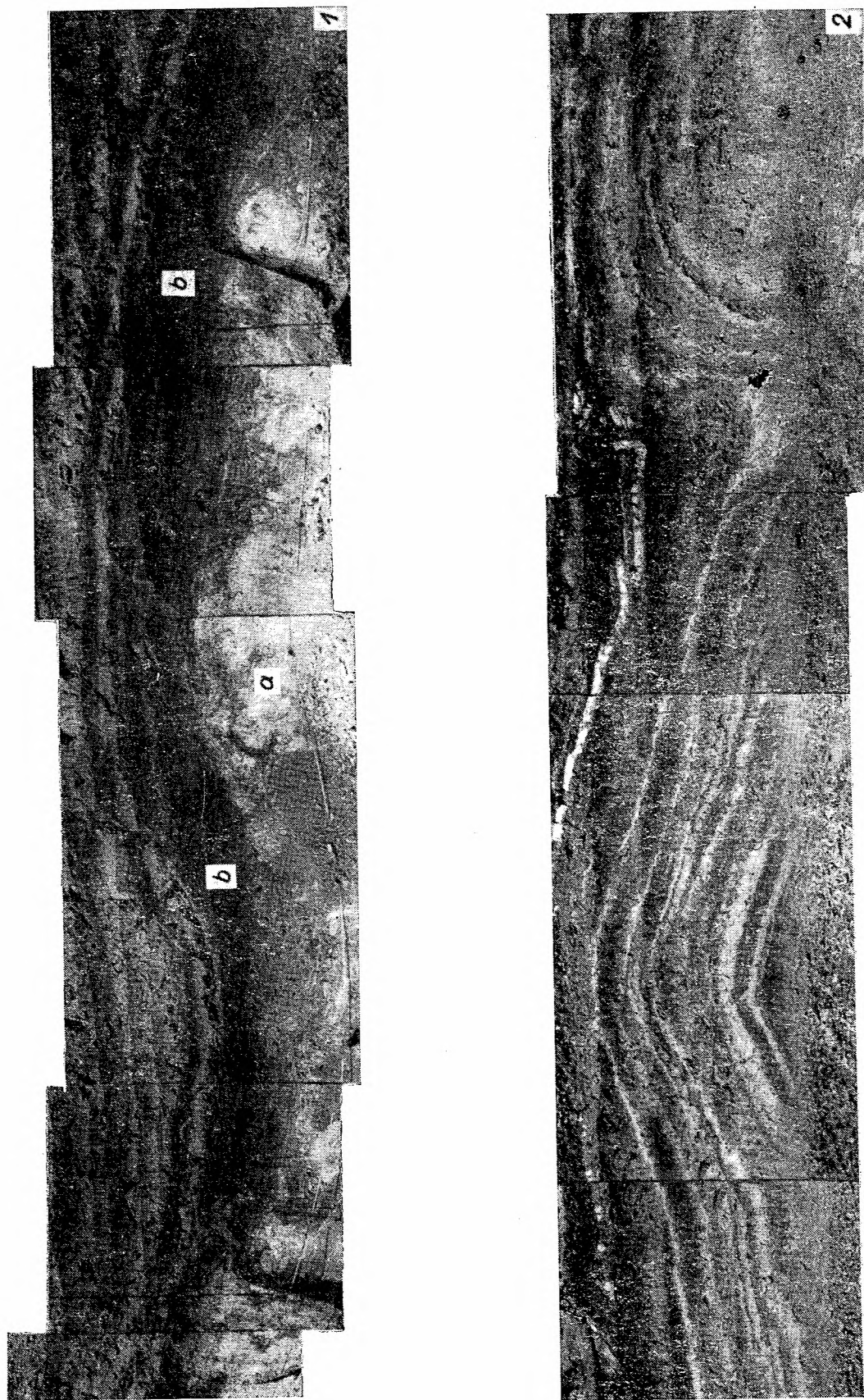
OBJAŚNIENIA TABLIC
EXPLANATION OF PLATES

Tablica — Plate XX

- Fig. 1. Kontakt wapieni siarkonośnych (a) z ilami pektenowymi (b). Widoczna nieregularna rzeźba powierzchni stropowej wapieni i wielkopromienne ugięcia wyżej leżących warstw. (Poziome smugi są śladami pracy koparki). Odkrywka w Piasecznie. Skala 1 : 100
- Fig. 1. Contact of sulphur-bearing limestones (a) with Pecten clays (b). The irregular top surface of the limestones and large-radius bending of overlying beds are visible. The horizontal streaks are traces of work of a shovel, Piaseczno opencast mine. Scale 1 : 100
- Fig. 2. Zaburzenia fałdowe w ilach pektenowych. Odkrywka w Piasecznie. Skala 1 : 100
- Fig. 2. Folds in the Pecten clays. Piaseczno opencast mine. Scale 1 : 100

Tablica — Plate XXI

- Fig. 1. Kontakt wapieni siarkonośnych (jasnoszare) z ilami pektenowymi (ciemne). Odkrywka w Piasecznie
- Fig. 1. Contact of sulphur-bearing limestones (light-grey) with Pecten clays (dark). Piaseczno opencast mine
- Fig. 2. Kontakt wapieni siarkonośnych z ilami pektenowymi. Odkrywka w Piasecznie
- Fig. 2. Contact of sulphur-bearing limestones with Pecten clays. Piaseczno opencast mine
- Fig. 3. Brekcja zapadliskowa w ilach pektenowych. Odkrywka w Piasecznie
- Fig. 3. Collapse breccia in the Pecten clays. Piaseczno opencast mine
- Fig. 4. Kontakt wapieni siarkonośnych z ilami pektenowymi. Powierzchnia kontaktu ścina skupienia siarki (białe). Odkrywka w Piasecznie
- Fig. 4. Contact of sulphur-bearing limestones with Pecten clays. The contact surface truncates sulphur agglomerations (white). Piaseczno opencast mine



M. Nieć



M. Nieć