

PIOTR RONIEWICZ

PRZYCZYNEK DO ZNAJOMOŚCI SZCZELIN Z WYSYCHANIA

(Tabl. XXI — XXIV)

Contribution on mud cracks formation

(Pl. XXI — XXIV)

Treść. Autor przedstawia charakterystykę szczelin z wysychania w oparciu o własne badania eksperymentalne oraz obserwacje struktur kopalnych pochodzących z dolnego triasu Gór Świętokrzyskich i Tatr. Podane zostały pewne kryteria umożliwiające bliższe określenie typów szczelin z wysychania oraz odróżnienie ich od struktur podobnych, o innej genezie.

STRUKTURY Z ODWADNIANIA SKAŁ ILASTYCH

Powstanie szczelin w jakimkolwiek materiale, a między innymi w osadzie, spowodowane jest istnieniem naprężeń, czyli nagromadzeniem pewnego zasobu energii potencjalnej. Gdy naprężenia te spowodowane są kurczeniem się ciała, powstają pęknięcia, jak w przypadku szczelin z wysychania. Spękania w osadzie powstają w momencie, gdy naprężenie wewnętrzne wywołane kurczeniem przekroczy naturalne siły spójności osadu. Podobną genezę mają zresztą spękania tynków czy farb olejnych na starych obrazach.

Spękania spowodowane kurczeniem się skał czy osadu znane są z różnych typów skał. Opisywane były z węgla (A. H. Stutzer, 1940) wapieni dolomitycznych (W. H. T w e n h o f e l, 1923) i z asfaltów (G. H. C o x, C. C. D a k e, 1916 fide R. S h r o c k, 1948). Z geologicznego punktu widzenia najciekawsze są spękania w skałach ilowych bądź zawierających domieszki ilaste; mogą one stanowić charakterystyczny wskaźnik środowiska sedymentacji.

Szczeliny w stanie kopalnym były przedmiotem wielu opracowań. Struktury tego typu, określane w języku polskim mianem szczelin z wysychania, wiążą się z kontynentalnymi środowiskami sedymentacji i z wysychaniem iłu w kontakcie z atmosferą. Jednak od dawna napotymano także szczeliny, których genezę trudno było wytłumaczyć zwykłym wysychaniem ze względu na charakter facjalny osadów, w których występowały. W. H. T w e n h o f e l (1923) opisał szczeliny, które powstały bez kontaktu z atmosferą, a E. S. M o o r (1914) — struktury podobne do szczelin z wysychania, utworzone pod pokrywą wody.

Równolegle obok obserwacji geologicznych prace eksperymentalne udowodniły, że spękania w osadach ilastych mogą także powstawać pod przykryciem wody, pod wpływem procesu synerezy (szczeliny synerezyjne (H. J ü n g s t, 1934; A. W h i t e, 1961). Przydatność szczelin z wysychania i szczelin synerezyjnych jako wskaźników środowiska sedymentacji wymaga wskazania kryteriów pozwalających na ich odróżnianie od siebie.

Szczeliny synerezyjne są jednym z produktów zjawiska synerezy. Jak wynika z eksperymentów A. White'a (1961), w szczególności z ilustracji w jego pracy, szczeliny powstają w osadzie ilastym nasyconym wodą, począwszy od pewnych centrów we wszystkich płaszczyznach w obrębie warstewki ilastej. Szanse zachowania w stanie kopalnym mają rzecz jasna szczeliny wypełnione osadem. Wypełnione mogą być te, które dotrą do granicy warstewki ilastej, umożliwiając tym samym wtargnięcie płynnego osadu piaszczystego. Szczeliny synerezyjne w stanie kopalnym cechować będzie występowanie w płaszczyznach nie zawsze prostopadłych do powierzchni warstwy, będą też miały bardziej nieregularny przebieg, zwykle nie będą tworzyły regularnych wieloboków, a często będą lekko powyginane. W osadach kopalnych z terenów Polski szczeliny synerezyjne znane są autorowi z górnego kambru Gór Świętokrzyskich¹ (Tabl. XXII, fig. 2).

Wspólną cechą szczelin z wysychania i szczelin synerezyjnych jest kurczenie się osadu wywołane odwodnieniem. Można zatem objąć je wspólną genetyczną nazwą szczelin z odwadniania.

Obok szczelin synerezyjnych i szczelin z wysychania w niektórych przypadkach podobny zewnętrznie wygląd mogą mieć szczeliny powstałe przez rozrywanie osadu przy ruchach osuwiskowych oraz szczeliny mrozowe. Przy bliższej jednak analizie każdej z tych struktur istnieją możliwości ustalenia ich genezy i w praktyce struktury te nie powinny być z sobą mylone.

Charakterystyka szczelin z wysychania

Szczeliny w schnącym na powietrzu ile powstają począwszy od górnej powierzchni osadu i stopniowo w miarę schnięcia pogłębiają się sięgając coraz to głębiej, aż do dolnej granicy warstewki. Kształt szczelin w przekroju w trakcie schnięcia jest w pierwszym momencie zbliżony do litery V, gdyż il przy powierzchni kurczy się nieco więcej niż wilgotniejszy poniżej. Gdy cała warstewka wyschnie równomiernie, ścianki szczeliny są w zasadzie do siebie równoległe. Klinowaty kształt uzyskują trwale szczeliny, powstające w osadzie uwarstwionym frakcjonalnie, gdyż drobnoziarnista, górna część warstewki, kurczy się zwykle silniej niż bardziej gruboziarnista część u podstawy warstewki. Głębokość szczelin uwarunkowana jest w pierwszym etapie długotrwałością wysychania oraz grubością warstewki ilastej ulegającej wysychaniu. W stanie kopalnym znane są zarówno szczeliny kilkumilimetrowe, jak i dochodzące do 3 metrów (G. K. Gilbert, 1880, fide R. Shrock, fig. 159). W warunkach eksperymentalnych udało się autorowi w ile kelowejskim z Łukowa po okresie miesiąca wysychania w warunkach laboratoryjnych uzyskać szczeliny o głębokości 10 cm.

Szczeliny z wysychania na powierzchni osadu pojawiają się zrazu nieregularnie, w początkowym stadium upodabniając się nieco do szczelin synerezyjnych. Takie niekompletne szczeliny (tabl. XXIII, fig. 1) mogą zachować się w stanie kopalnym. Znane są autorowi między innymi z osadów pstrego piaskowca Gór Świętokrzyskich, a także dawniej opisywane były przez C. L. Fenton, M. A. Fenton (1937).

¹ Struktura przedstawiona na fotografii dawniej (A. Radwański, P. Roniewicz, 1960) interpretowana była jako szczeliny z rozciągania związanego ze spełzywaniem osadu. W świetle nowszych danych jej syneretyczna geneza zdaje się nie budzić wątpliwości.

Z czysto teoretycznego rozważania naprężeń w kurczącej się powierzchni wynika (Z. Wasiutyński, 1953), że szczeliny powinny mieć układ sześciokątny, gdyż jest to układ, w którym przy najmniejszej długości szczelin zostaje wyzwolona największa energia zawarta w naprężeniach kurczącej się powierzchni. Trzeba przyznać, że wiele obserwacji szczelin z wysychania potwierdza to teoretyczne przewidywanie. Wiele jest także jednak powierzchni spękanych według innego wzoru. Jest to zupełnie zrozumiałe, gdyż na kształt spękań ma wpływ też wiele czynników ubocznych, wynikających z niejednorodnych właściwości samego osadu, tarcia z podłożem itp. W wyniku nakładania się tych czynników szczeliny tworzą więc zazwyczaj charakterystyczną sieć wieloboków niezbyt regularnych zbliżonych do sześcioboków, choć znane są przykłady szczelin o układzie dokładnie prostokątnym (R. Shrock, 1940) lub tworzących regularne pięciokąty (por. G. R. Longwell, 1928, str. 139, fig. 5).

Rozmiary poligonów, gęstość szczelin, a zarazem ich szerokość znajdują się w ścisłym związku z charakterem osadu oraz grubością warstewki. Doświadczenia autorą potwierdziły wcześniejsze spostrzeżenia Offmana i Nowikowej (1953) oraz A. Carte, A. Higashi (1960, fide J. Dylik, 1963). W tej samej próbce iłu, tworzącej warstewki o różnej grubości, gęstość szczelin była większa w warstewce cieńszej niż w grubszej. Pewien wpływ na gęstość szczelin iłu ma też charakter podłoża oraz stopień przyklejania iłu do podłoża.

Dość często, szczególnie na współcześnie wysychających powierzchniach ilastych można zaobserwować podwijanie się brzegów poligonów ilastych (tabl. XXIII, fig. 1). Najczęściej brzegi poligonu podwijają się ku górze, tak że fragment iłu nabiera kształtu wklęsłej miseczki. Znacznie rzadziej wypukleniu ulega centralna część poligonu z jednoczesnym podwinięciem brzegów pod spód.

Według E. M. Kindle (1917) sposób podwijania się poligonu zależy od zasolenia wody. W wodach słodkich według tego autora brzegi podwijają się ku górze, a w słonych poligony są płaskie lub podwinięte ku dołowi. Twierdzenie to kwestionował W. H. Twenhofel (1923), który obserwował wszystkie trzy typy poligonów na tej samej powierzchni osadu z różnymi odmianami ilów (czarnym ilem kellowejskim z Łukowa, ilem poznańskim, gliną morenową oraz ilem górnokambryjskim pochodzącym z Wiśniówki Wielkiej), stosując roztwory o różnym stężeniu soli kuchennej, jak również zwykłą wodę wodociagową. W żadnym z doświadczeń nie udało się uzyskać podwijania brzegów ku dołowi. Wydaje się zatem, że nie istnieje zależność między sposobem podwijania się poligonów a zasoleniem wody. Wieloboki ilaste o brzegach podwiniętych ku dołowi udało się otrzymać eksperymentalnie przy bardzo cienkiej warstewce ilastej osadzonej na twardym podłożu basenu oraz na płytce szklanej. Szczególnie efektowne podwijanie się iłu dało się zaobserwować przy podgrzewaniu płytki szklanej od dołu.

Mechanizm podwijania się brzegów spękanej warstewki ilastej jest w opisywanych przypadkach dość prosty. Ił zwija się w kierunku tej powierzchni, która ulega większemu skurczeniu. W normalnych warunkach wysychania osadu w kontakcie z atmosferą silniej schnie i kurczy się górna powierzchnia, dzięki czemu poligony mają krawędzie podwinięte ku górze. W szczególnych przypadkach większemu odwodnieniu, a więc i skurczeniu, może ulec dolna część warstewki ilastej. Tak działo się w przypadku podgrzewania płytki szklanej z ilem od dołu. W warunkach naturalnych

proces ten może zajść w okolicznościach, gdy potok błotny osadzi osad ilasty na rozgrzanym podłożu. Zjawiska takie są dość powszechne w czasie nawałnic w gorącym i pustynnym klimacie.

Podwijanie się brzegów ku dołowi może nastąpić jeszcze w przypadku, gdy warstewka ilasta osadzi się na bardzo wsiąkliwym podłożu, a schnięcie jej od góry nie jest zbyt intensywne. Odwodnienie w takich sprzyjających warunkach może osiągnąć większą wartość przez wsiąkanie w podłoże niż przez wysychanie ku górze, co prowadzi do silniejszego kurczenia się dolnej części warstewki. Efekt tego rodzaju udało się autorowi uzyskać jednorazowo przy osadzeniu cienkiej warstewki iłu poznańskiego na podłożu piasku pochodzącego z plaży bałtyckiej.

Wysychanie cienkich warstewek ilastych na podłożu piaszczystym lub także na twardym podłożu, które jednak nie ma tendencji do silnego wiązania się z iłem, prowadzi do powstawania tzw. *zwitków błotnych* (mud curls). Są to cienkie warstewki, a nawet czasem błonki ilaste, zwinięte pod wpływem wysychania w podłużne ruloniki. Na tabl. XXIII fig. 1 widoczny jest zwitek błotny w trakcie powstawania. Formy te często są na zewnętrznej powierzchni „uzbrojone” ziarnami piasku pochodzącymi z podłoża warstewki ilastej. Podobne formy, jednak przy znacznie cieńszej warstewce ilastej, udało się uzyskać na gładkiej płytce szklanej a także na gładkiej, nie porowatej powierzchni dna basenu, w którym przeprowadzono eksperymenty.

Zwitki błotne w warunkach naturalnych można obserwować na tarasach zalewowych Wisły, gdy rzeka osadzi cienką warstewkę iłu. W przypadku istnienia kilku rytmów frakcjonalnych często obserwować można „złuszczenie” się zwiteków błotnych przez oddzielanie się wysychających warstewek na poziomie osadu o najmniejszej spójności, zawierającego najbardziej gruboziarnisty materiał. Zwitki błotne były opisywane między innymi z osadów deltowych Missisipi (E. D. Mc Kee, 1939). Pewne struktury o podobnej genezie znane są też w osadach pstrego piaskowca z Gór Świętokrzyskich (tabl. IV, fig. 2).

Różne sposoby fosylizacji szczelin z odwadniania

Jak wynika z obserwacji autora poczynionych w odkrywkach pstrego piaskowca i dolnego wurfenu, a także z obserwacji szczelin powstałych w warunkach laboratoryjnych, struktury te mogą mieć w stanie kopalnym różny wygląd w zależności od powierzchni, jaka w danej chwili dostępna jest obserwacjom. Stosunkowo najczęściej chyba znajduje się szczeliny na górnej powierzchni warstw w formie śladów wysychania (tabl. XXI, fig. 1). Układ szczelin tworzy wtedy charakterystyczną sieć wieloboków zamkniętych, o ile szczeliny osiągnęły pełen rozwój, lub mniej regularną sieć, o ile są to szczeliny niekompletne lub synerezyjne. Powierzchnia iłu, lub częściej w stanie kopalnym łupku ilastego, w przypadku szczelin z wysychania jest nierówna. Częste są na niej ślady pełzania, wtórne szczeliny, a nawet ślady kropel deszczu.

Przy ocenie genezy śladów „kropel deszczu” czy „śladów organicznych” należy w tym przypadku zachować wielką ostrożność. Jak wykazały bowiem doświadczenia H. Jungsta (1934), szereg śladów podobnych zewnętrznie do wymienionych powstaje pod przykryciem wodnym pod działaniem wydalananej z osadu ilastego wody w procesie synerezy. Aby więc nie popełnić błędu przy ocenie genezy szczelin, należy wziąć pod uwagę

wszystkie możliwe cechy samych szczelin, powierzchni, na której są one widoczne, oraz struktury dające się zaobserwować w najbliższym sąsiedztwie badanego obiektu.

Nieco inny jest widok szczelin, gdy płaszczyzna oddzielności przebiega poniżej powierzchni osadu ilastego, która ulegała wysychaniu. Zjawiska takie są znane autorowi z kamieniołomów pstrego piaskowca w okolicach Zagnańska, a także w jednym przypadku w osadach dolnego wierzchu w Tatrach (tabl. XXII, fig. 1). Powierzchnia warstwy ze spękaniami jest wtedy wyjątkowo gładka, a szczeliny zwykle nie tworzą sieci zamkniętej. Zarys ich staje się coraz bardziej fragmentaryczny, w miarę jak powierzchnia oddzielności oddala się od pierwotnej powierzchni osadu, który ulegał wysychaniu. Odsłonięte w ten sposób szczeliny upodabniają się do szczelin niekompletnych lub szczelin synerezyjnych. W celu rozstrzygnięcia ich genezy należy odwołać się do innych struktur, które pozwolą na stwierdzenie, który typ genezy szczelin jest w danych warunkach najbardziej prawdopodobny.

W stanie kopalnym bardzo często zachowane są wypełnienia szczelin, widoczne na dolnej powierzchni warstwy piaskowcowej w formie wystających grzbiecików. Jest to bardzo efektowny sposób fosylizacji tej struktury (tabl. XXIII, fig. 2) (por. także R. Shrock, 1948, fig. 149 oraz H. Senkowičowa, A. Ślaczka, 1962, tabl. XXXVIII, fig. 5). Zgodnie z zasadą zaproponowaną przy wprowadzaniu nazw struktur widocznych na powierzchniach warstw (A. Radwański, P. Roniewicz, 1963) tak zachowane szczeliny można nazwać hieroglifem szczelin z wysychania.

Z chwilą gdy szczeliny przenikną całą miąższość warstewki ilastej i zostaną wypełnione osadem piaszczystym, osad wypełniający może odcisnąć swój wzór na górnej powierzchni ławicy spoczywającej poniżej warstewki ilastej. Zjawisko to przebiega w trakcie kompaktacji osadu wtedy, kiedy warstewka ilasta ulega większemu sprasowaniu niż wypełniający szczeliny osad piaszczysty. Zachowując konsekwencję w nazewnictwie można odcisnięty w ten sposób wzór szczelin określić jako ślad hieroglifu szczelin z wysychania. Struktury tego typu można dość często obserwować w osadach pstrego piaskowca w Tumlinie i Ciosowej poniżej powierzchni, z której fragment reprodukowany jest na tabl. XXIII, fig. 2.

Wypełnienia szczelin

Szczeliny w stanie kopalnym zachowują się zwykle dzięki wypełnieniu ich osadem różniącym się składem i wyglądem od otoczenia. Osad wypełniający w przypadku szczelin z wysychania pochodzi zazwyczaj z warstewki przykrywającej powierzchnię spękanego ilu, wypełnienie ma więc charakter klastycznej żyłki typu zasypowego. Materiał wypełniający szczelinę może też być wtłoczony do szczeliny pod ciśnieniem od dołu z warstewki piaszczystej o konsystencji kurzawkowej, spoczywającej pod warstewką ilastą. Ten typ wypełnień powstaje zazwyczaj pod przykryciem osadu lub wody, które wywierają odpowiednie ciśnienie, umożliwiające uruchomienie półpłynnej masy piaszczystej i wtłoczenie jej w formujące się szczeliny. Wypełnienia intruzywne są charakterystyczne dla szczelin typu synerezyjnego i szczelin z rozciągania, opisanych między innymi z górnego kambru Gór Świętokrzyskich (A. Radwański, P. Roniewicz, 1960). Genetycznie są one podobne do wszelkich wypełnień typu intruzywnych żył klastycznych.

Przetworzenia szczelin z wysychania przez procesy syndementacyjne

Pierwotna powierzchnia wyschniętego i spękanego iłu może ulec dość silnym przemianom pod wpływem wtórnego namoknięcia i wyschnięcia oraz bardzo silnego wyschnięcia i redepozycji fragmentów poligonów ilastych.

Powtórne zalanie przez wodę wyschniętej powierzchni iłu, o ile napływ wody nie jest na tyle gwałtowny, że nie rozmyje całej warstewki, prowadzi do pewnych charakterystycznych przemian. Procesy te badane były eksperymentalnie przez autora na wyschniętych próbkach różnych typów ilów, a następnie przeprowadzone zostało porównanie z pewnymi strukturami znalezionymi w osadach dolnego werrfenu i pstręgo piaskowca.

W przypadku gdy woda wkracza stopniowo na powierzchnię iłu pokrytą systemem spękań, wypełnia ona w pierwszym momencie szczeliny, wnikając też w podłoże piaszczyste znajdujące się pod ilem. W ten sposób namakanie rozpoczyna się od krawędzi poligonów i częściowo od dołu, poprzez podłoże piaszczyste. Brzegi poligonów rozmakają na początku, a o ile były uprzednio nieco podwinięte ku górze, opadają rozplywając się w strefie szczeliny. W ten sposób brzegi poligonów stają się nieco bardziej spadziste i cieńsze niż część centralna. Nasiąkający wodą il ma naturalną tendencję do zwiększania objętości, co powoduje powstawanie pewnych nieregularnych nabrzmień i nierówności na jego powierzchni. Przy powtórным wysychaniu zwykle powstaje nieco odmienny system spękań w stosunku do pierwotnego, który ulega pewnemu zabliźnieniu. W efekcie nałożenia się dwu systemów spękań i powstania nierówności w okresie namakania iłu powierzchnia powtórnie wyschnięta jest bardzo nierówna (tabl. XXI, fig. 2). W badanej przez autora próbce iłu kelowejskiego z Łukowa przy kilkakrotnym suszeniu i nawadnianiu utworzyły się na powierzchni pewne obłe grzbieciki przypominające swoim zarysem nieco rozmyte ślady pełzania i żerowania organizmów mułozernych. Obserwacja ta łącznie z cytowanymi spostrzeżeniami H. Jungsta (op. cit.) powinna być uwzględniana przy interpretacji kopalnych powierzchni śladów z wysychania. Wydaje się, że struktura przedstawiona na tabl. XXIV, fig. 1, pochodząca z dolnego werrfenu z Tomanowej w Tatrach, powstała w drodze powtórного namoknięcia wyschniętej struktury. Podobne powierzchnie obserwować można też w kamieniołomie pstręgo piaskowca w Sosnowicy w pobliżu Wiśniówki.

Poligony ilaste, silnie wyschnięte i słabo przywiązane do podłoża, a szczególnie zwiłki błotne, mogą w sprzyjających warunkach ulec redepozycji i wtórnemu osadzeniu. Obserwuje się wtedy dość bezładne nagromadzenia nieregularnych fragmentów iłu w sąsiedztwie fragmentów o przekroju półcylindrycznym, spoczywające jedne nad drugimi w osadzie piaszczystym. Struktury tego typu, wyglądające na pierwszy rzut oka bardzo zagadkowo i przypominające niekiedy „kości” lub „tropy gadów”, występują w kamieniołomie Ciosowa (tabl. XXIV, fig. 2) na Siniewskiej i Perzowej Górze i w kamieniołomie Sosnowica w pstrym piaskowcu z Gór Świętokrzyskich. Wspominają o ich występowaniu H. Senkiewiczowa i A. Ślaczka (1962).

Przekształcenia szczelin pod wpływem kompaktacji i diagenезy

Piaszczysty osad wypełniający szczeliny w ile pod wpływem nacisku osadu nadległego może się skurczyć w mniejszym stopniu niż warstewka ilasta. W związku z tym często dochodzi do wtórnego pofałdowania wypełnień oraz do powstania wtórnych nabrzemień w obrębie osadu wypełniającego. O ile osad wypełniający nie jest jeszcze silnie zdiagenezowany, mogą nawet powstać niewielkie żyłki intruzywne. W czasie kompaktacji powstają też uprzednio opisane ślady hieroglifów szczelin. Długość wypełnień piaszczystych może być miarą kompaktacji, jakiej uległa warstewka ilasta. Zwracał swego czasu na to uwagę J. W. S h e l t o n (1962), który badał zjawiska kompaktacji w osadach kredowych. Zjawiskami przekształceń szczelin z wysychania zajmował się także W. H. B r a d l e y (1930). Wymienione procesy często powodują zmianę pierwotnego wyglądu szczelin z wysychania i upodabniają je do struktur o innej genezie. Wydaje się jednak na podstawie przedstawionego materiału, że odróżnianie szczelin z wysychania od innych struktur o podobnym wyglądzie, ale o innej genezie, jest możliwe w większości znalezisk tych struktur. W ten sposób szczeliny z wysychania zachowują charakter wskaźnika dość ściśle określonych środowisk sedymentacji.

Zakład Geologii Dynamicznej

Uniwersytetu Warszawskiego

Warszawa, czerwiec 1964.

WYKAZ LITERATURY REFERENCES

- Bradley W.H. (1930), The behaviour of certain mud cracks during compaction. *Amer. J. Sc.* 20.
- Dylik J. (1963), Nowe problemy wiecznej zmarzliny plejstoczeńskiej. *Acta geogr. lodziensis* 17.
- Fenton C.L., Fenton M.A. (1937), Belt series of the north: stratigraphy, sedimentation, paleontology. *Bull. Geol. Soc. Amer.* 48.
- Jüngst H. (1934), Zur geologischen Bedeutung der Synaerese. *Geol. Rdsch.* B. 25 H. 5.
- McKee E.D. (1939), Some type of bedding in the Colorado River delta. *J. Geol.* 47.
- Kindle E.M. (1917), Some factors affecting the development of mud cracks. *J. Geol.* 25.
- Longwell C.R. (1928), Three common types of desert mud cracks. *Amer. J. Sc.* 15 No. 86.
- Moor E.S. (1914), Mud cracks open under water. *Amer. J. Sc.* (4) 38.
- Offman-Novikova — Оффман-Новикова (1953), Некоторые закономерности образования трещин усыхания. *Изв. А. Н.* № 2 № 3.
- Radwański A., Roniewicz P. (1960), Struktury na powierzchniach warstw w górnym kambrze Wielkiej Wiśniówki pod Kielcami. Ripple marks and other sedimentary structures of the Upper Cambrian at Wielka Wiśniówka (Holy Cross Mts). *Acta geol. pol.* 10 nr 3.
- Radwański A., Roniewicz P. (1963), Upper Cambrian trilobite ichnocoenosis from Wielka Wiśniówka (Holy Cross Mountains, Poland). *Acta paleont. pol.* 8 nr 2.

- Senkowiczowa H., Ślaczka A. (1962), Pstry piaskowiec na północnym obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich. The Bunter of the Northern Border of Holy Cross Mts. *Rocz. Pol. Tow. Geol. (Ann. Soc. Geol. Pol.)* 32, 3.
- Shelton I. W. (1962), Shale compaction in section of Cretaceous Dakota Sandstone. Northwestern. North Dakota. *J. Sed. Petrol.*, 32 nr 4.
- Shrock R. (1940), Rectangular mud cracks in Wisconsin Silurian dolomitic limestone. *Trans. Wisconsin Acad. Sc.* 32.
- Shrock R. (1948), Sequence in layered rocks. McGraw-Hill Book Comp.
- Stutzer A. H. (1940), Geology of Coal. Univ. Chicago Press. Chicago.
- Twenhofel W. H. (1923), Development of shrinkage cracks without exposure to atmosphere. *Bull. Geol. Soc. Amer.* 34.
- Wasiutyński Z. (1953), O kształtach pęknięć powierzchniowych. Sur les formes des fissures superficielles. *Rozpr. inż.* 10.
- White A. (1961), Colloid phenomena in sedimentation of argillaceous rocks. *J. Sedim. Petrol.* 31 nr 4.

SUMMARY

Abstract: A characteristics of mud cracks is presented, based upon laboratory investigations and observation of fossil mud cracks in the Bunter of the Holy Cross Mts, and in the Werfenian of the Tatra Mts. Criteria for differentiation between dessication mud cracks and synaeresis cracks are given.

Cracks are formed in clayey sediments by contractions resulting from de-watering. The de-watering of the sediment is due either to evaporation at the sediment-atmosphere interface or to synaeresis under a water cover. Dessication mud cracks are formed in the first case, while synaeresis mud cracks in the latter one (H. J ü n g s t, 1934; A. W h i t e, 1961).

The synaeresis cracks are characterised by a less regular pattern than the dessication cracks, and by occurrence of cracks not perpendicular to the sediment surface. The fill of cracks is intrusive, often related with a sand layer underlying the cracked sand bed. Synaeresis cracks (Pl. XXII, Fig. 2) are known from the Upper Cambrian of the Holy Cross Mts, and from other places.

The dessication cracks are forming from the top of the sediment layer. In the initial phase they are V-shaped in cross section and have an irregular pattern. Cracks of this type are termed „incomplete mud cracks” (Pl. XXIII, Fig. 1). Such forms are known from the Bunter of the Holy Cross Mts, and were also described by C. L. F e n t o n and M. A. F e n t o n (1937).

V-shaped sections of mud cracks are characteristic for graded layers, as the more pelitic and clayey upper part of the layer is contracting more than the lower coarser sandy part of the layer.

The dessication cracks are forming usually a system of polygons. The fill of the dessication cracks is coming from above. The filling material comes from the layer overlying the cracked clay.

From a theoretical analysis of stresses in a contracting body it follows that the cracks should form a hexagonal pattern (Z. W a s i u t y ń s k i, 1953). In natural conditions several factors are affecting the formation of mud cracks, e. g. the non-uniformity of the mud layer, or friction at the

base of the layer, resulting in irregularities of the cracks system, which, however, is often nearly hexagonal. Pentagonal cracks systems (R. C. Longwell, 1928) and tetragonal ones (R. R. Shrock, 1948) are also known.

Experiments carried out by the author on different varieties of clayey rocks did not confirm the observations of E. M. Kindle (1917) on the relation between the rolling of edges of the cracked mud and the salinity of water. In all experiments the clay rolled towards the surface contracting more rapidly, i. e. usually towards the top surface. Downward rolling of edges was observed in the case of a thin mud layer deposited on a slab slightly heated from below, and also when a mud layer was deposited on a very permeable substratum and evaporation at the top surface was slight.

Fossil dessication cracks can be preserved either on the top surface of a bed (Pl. XXI, Fig. 1), or on the base, in the form of sole markings (Pl. XXIII, Fig. 1). In case of a strong compaction of the clay layer the sandy fill of cracks may produce imprints on the top surface of the underlying layer.

Repeated soaking and drying causes the formation of characteristic surface (Pl. XXI, Fig. 2), on which besides several systems of cracks, appear traces which may be easily mistaken for organic markings.

The dehydrated mud polygons may be redeposited. Such forms are known from the Bunter of the Holy Cross Mts (Pl. XXIV, Fig. 2). Dehydration of thin layers of mud results in the formation of mud curls (Pl. III, Fig. 2).

translated by R. Unrug

*Laboratory of Dynamic Geology
of the Warsaw University
Warsaw, June 1964*

OBJAŚNIENIA TABLIC XXI—XXIV EXPLANATION OF PLATES XXI—XXIV

Tablica — Plate XXI

Fig. 1. Ślady wysychania widoczne na górnej powierzchni piaskowca dolnotriasowego z Gór Świętokrzyskich.

Fig. 1. Mud cracks on the top surface of a sandstone bed Lower Triassic, Holy Cross Mts.

Fig. 2. Powierzchnia iltu kelowejskiego z Łukowa po kilkakrotnym wyschnięciu i nawodnieniu. Widoczne rozmyte brzegi szczelin oraz charakterystyczne nierówności na powierzchni iltu.

Fig. 2. Surface of the Callovian clay from Łuków, after repeated soaking and drying. Note the eroded edges of cracks and the characteristic bulges on the surface of the clay.

fot. autor. Photographs by the author.

Tablica — Plate XXII

Fig. 1. Szczeliny z wysychania widoczne na powierzchni oddzielności, która przebiega poniżej powierzchni schnącego iltu. Dolny werfen spod Osobitej w Tatrach.

Fig. 1. Dessication mud cracks visible on a parting plane situated under the surface of the drying mud. Lower Werfenian, Osobita, Tatra Mts.

Fig. 2. Szczeliny synerezyjne na powierzchni piaskowca z górnego kambru z Wiśniówki Wielkiej pod Kielcami. Charakterystyczny nieregularny układ wypełnionych szczelin.

Fig. 2. Synaeresis cracks on the surface of a sandstone bed. Note the characteristic irregular pattern of the cracks. Lower Cambrian, Wiśniówka Wielka near Kielce.
fot. J. Błaszczyk. Photographs by J. Błaszczyk

Tablica — Plate XXIII

Fig. 1. Powierzchnia wysychającego ilu pliocenckiego. Widoczne szczeliny niekompletne oraz zwitki błotne w trakcie tworzenia się.

Fig. 1. Surface of a drying clay (Pliocene). Note incomplete mud cracks and mud curls.

Fig. 2. Hieroglif szczelin z wysychania. Wypełnienia szczelin widoczne na dolnej powierzchni piaskowca dolnotriasowego z Sosnowicy w Górach Świętokrzyskich.

Fig. 2. A sole marking related with dessication mud cracks. In filling of cracks visible on the base of a sandstone bed. Lower Triassic, Sosnowica, Holy Cross Mts.
fot. autor. Photographs by the author.

Tablica — Plate XXIV

Fig. 1. Szczeliny na powierzchni mułowca z dolnego werfenu z Tomanowej. Powierzchnia ta została po wyschnięciu wtórnie namoknięta i nieco rozmyta.

Fig. 1. Cracks on the surface of a siltstone bed. Lower Werfenian, Tomanowa, Tatra Mts.

Fig. 2. Redeponowane poligoniki ilaste widoczne na dolnej powierzchni piaskowca dolnotriasowego z Ciosowej w Górach Świętokrzyskich.

Fig. 2. Redeposited mud polygons on the base of a sandstone bed. Lower Triassic, Ciosowa, Holy Cross Mts.
fot. autor. Photographs by the author.







