

## PÓZNOPALEOZOICZNE UTWORY PIROKLASTYCZNE Z REGULIC K. ALWERNI

UKD 551.735/.736:552.313.8(438.312)

## STAN BADAŃ

Karbońsko-permskie skały wulkaniczne regionu krakowskiego i towarzyszące im utwory piroklastyczne stanowiły przedmiot wielu opracowań. S. Zaręczny (15), Z. Rozen (8), A. Bolewski (1), S. Siedlecki (12), Cz. Harańczyk (5) i inni dostarczają licznych informacji o ich występowaniu w okolicach Krzeszowic, petrografii chemizmie i genezie.

S. Siedlecki (12) skłaniał się ku dolnopermskiemu wiekowi utworów piroklastycznych i nazywając je za S. Zaręcznym (15) „tufami” rozumiejąc pod tym pojęciem „różnorodne niepewne pod względem genezy utwory, stanowiące wulkaniczne osady lądowe, niekiedy wtórnie zmienione przez wody albo za pokrywy zwietrzelinowe skał erupcyjnych”. Takie rozumienie terminu „tuf” skłania do rewizji. S. Siedlecki (12) podkreślił również nieadekwatność tego terminu.

Praca prezentuje wyniki badań i krytyczną analizę dotychczasowych poglądów na genezę późnopermskich utworów piroklastycznych występujących na S od rowu krzeszowieckiego, w rejonie zapadliska Nieporaz – Brodła. Przedstawiono w niej analizę wkładek piroklastycznych przewarstwiających potoki melafirów odsłaniające się w Regulicach k. Alwerni (6). Szczególną uwagę poświęcono zagadnieniom sedymentologicznym oraz re-

gionalnym uwzględniając także mineralogię, petrografię i geochemię badanych utworów.

W literaturze istnieje kilka wzmianek na temat występowania w tym rejonie piroklastyków towarzyszących wylewom melafirów. I tak S. Siedlecki (12) pisał o występowaniu tufów melafirowych w okolicach Alwerni, a wspólnie z W. Żabińskim (13) opisał tufit melafirowy z Alwerni, który w rzeczywistości okazał się mieszaniną redeponowanej zwietrzelin melafirowej i osadów piroklastycznych. Występowanie tufów melafirowych sygnalizowane było także przez J. Rutkowskiego (9) z rejonu Poręby i Mirowa.

## WPROWADZENIE DO PRZEDMIOTU BADAŃ

Badania terenowe przeprowadzono w nieczynnym kamieniołomie melafiru w Regulicach – Czarnej Górze,

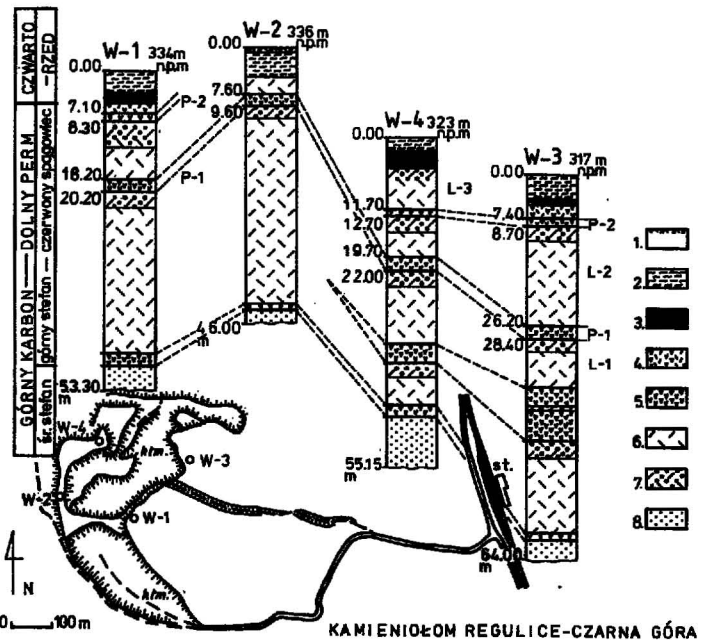


Ryc. 1. Lokalizacja i mapa geologiczna obszaru badań (wg R. Gradzińskiego, 1970 – zmienione)

1 – miocen, 2 – górna jura, 3 – dolna i środkowa jura, 4 – trias, 5, 6 – karbońsko-permskie wulkanity i skały osadowe: melafiry (5) oraz pokrywy zwietrzelin melafirowej (6), 7 – arkoza kwaczalska (g. karbon)

Fig. 1. Location map and geological sketch of the studied area (after R. Gradziński, 1970 – altered)

1 – Miocene, 2 – Upper Jurassic, 3 – Lower and Middle Jurassic, 4 – Triassic, 5, 6 – Upper Carboniferous–Lower Permian volcanic and sedimentary rocks: melaphyres (5) and melaphyre weathering covers (6), 7 – Carboniferous arkose



Ryc. 2. Lokalizacja i profile geologiczne otworów wiertniczych w złożu melafiru Regulice – Czarna Góra

Czwartorzęd: 1 – gleba, 2 – less, 3 – il, dolny perm – górny karbon, 4 – zwietrzelina melafiru lub materiału piroklastycznego, 5 – poziom piroklastyczny, 6 – melafir zbity, 7 – melafir migdałowcowy i gąbczasty (parchacz), 8 – arkoza kwaczalska; W-1, 2, 3, 4 – otwory wiertnicze; P-1 – dolny poziom piroklastyczny, P-2 – górny poziom piroklastyczny; L – potoki lawowe

Fig. 2. Borehole sections of Reguły – Czarna Góra melaphyre deposit and their location

Quaternary: 1 – soil, 2 – loess, 3 – clay, Lower Permian – Upper Carboniferous, 4 – weathering cover of melaphyre or pyroclastic material, 5 – pyroclastic horizon, 6 – compact melaphyre, 7 – amygdaloid and vesicular melaphyre, 8 – Carboniferous arkose; W-1, 2, 3, 4 – boreholes; P-1 – lower pyroclastic horizon, P-2 – upper pyroclastic horizon; L – lava flows

będącym jednym z odsłoneń linearnego systemu wylewów melafirów, towarzyszących dyslokacjom SW skrzydła zapadliska Nieporaz—Brodła. Wylewy te ciągną się z NW ku SE, od Simoty przez Regulice, Alwernię, Porębę do Mirowa (ryc. 1). Zapadlisko Nieporaz—Brodła ma przypuszczalnie założenia górnokarbońskie i jest w głównej mierze wypełnione utworami permokarbonu. Jest ono peryferyczne względem wielkiej struktury zapadliskowej rowu Sławkowa.

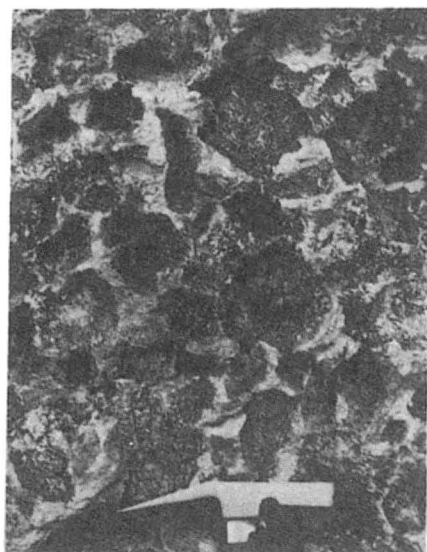
Obserwacje terenowe korelowano z wynikami wierceń z 4 otworów wiertniczych (W-1, W-2, W-3 i W-4) wykonanych w latach 1951—1952 (3, ryc. 2). Otworami tymi przewiercano pokrywę lawową miąższości 40—50 m leżącą bezpośrednio na arkozie kwaczalskiej. Najpełniejszy profil pokrywy odsłania się w NW ścianie kamieniołomu. Budują ją trzy melafirowe potoki lawowe przewarstwione dwiema wkładkami piroklastyków. Morfologię potoków lawowych cechują znaczne deniwelacje wynikające z urozmaiconego ukształtowania podłoża. W spągu każdego potoku występuje zwykle zwięzła odmiana melafiru, przechodząca ku stropowi w odmianę o teksturze gąbczastej (parchacz), stanowiącą odgazowaną partię potoku lawowego. Spotyka się także odmiany migdałowcowe, z pogazowymi pęcherzami wypełnionymi wtórnymi minerałami (kalcytem, chalcedonem, seladonitem, zeolitami) powstałymi w wyniku procesów autohydrotermalnych.

#### CHARAKTERYSTYKA SEDYMENTOLOGICZNA WKŁADEK PIROKLASTYCZNYCH

Dolny i środkowy potok lawowy pokrywają materiały piroklastyczne o charakterze subaeralnej tefry meteorycznej (subaerial fall out tephra). Strop i spąg obu wkładek piroklastycznych jest równoległy względem ich powierzchni depozycji. Sedymen budujący te wkładki wykazuje cechy aglomeratu piroklastycznego: szkielek składa się z bomb i lapilli melafirowych jest spojony

ceglasto-brązowym, laminowanym, biotytonośnym materiałem popiołowym (ryc. 3). Bomby i lapille są zbudowane z gąbczastego lub migdałowcowego melafiru o teksturze fluidalnej o bezładnym ułożeniu. Miejscami są widoczne partie aglomeratu lepiej wysortowane z bombami o zbliżonych rozmiarach. Najczęściej bomby mają kształt sferoidalny, dyskoidalny i wrzecionowaty, a średnica ich nie przekracza 40 cm. Sporadycznie obserwuje się bomby i bloki o średnicy przekraczającej 1 m. Materiał popiołowy stanowi poniżej 25% objętości aglomeratu i jest smużysty lub, rzadziej, poziomo warstwowy (ryc. 4). Makroskopowo są widoczne w nim blaszki biotyty, ułożone równoległe względem powierzchni depozycyjnej. Miąższość górnego poziomu piroklastycznego wynosi przeciętnie 1,5 m, dolnego do 3 m zwłaszcza w miejscach kolapsyjnych obniżen synsedymencyjnych. Obniżenia te, o charakterze zięjących szczelin tektonicznych były sukcesywnie wypełniane materiałem klastycznym. Powstały one prawdopodobnie w wyniku spękań podłoża towarzyszących erupcjom. W obniżeniach tych rozpoznaje się często starszą generację osadu oddzieloną od nadległych partii aglomeratu powierzchnią erozyjną. Świadczy to o przerwie czasowej, podczas której zachodziło erozyjne przemodelowywanie podłoża. Na szczególną uwagę zasługują także próżnie strukturalne w potoku lawowym, wypełnione wtłaczanym pod ciśnieniem materiałem popiołowym.

Analiza granulometryczna, mikroskopowa materiału popiołowego obu wkładek wykazała, że jest to drobnoziarnisty tuf popiołowy — tuf pyłowy (dust tuff), cechujący się słabym wysortowaniem i dodatnią skośnością SKI charakterystyczną dla znacznego udziału drobnych frakcji (udział frakcji pylastej w tufie: 80—88% obj.). Badany osad wykazuje wielokrotne, normalne uziarnienie frakcyjne cechujące krótki, lokalny transport w formie niewielkich spływów powierzchniowych (sheet flows). Jednocześnie są obecne riplemarki adhezyjne, które mogą być strukturami eolicznymi powstałymi na drodze wiąża-



Ryc. 3. Sedymen o typie aglomeratu piroklastycznego; dolny poziom piroklastyczny (fot. M. Rospondek)

Fig. 3. Pyroclastic agglomerate type sediment. Lower pyroclastic horizon (photo by M. Rospondek)



Ryc. 4. Laminowany tuf ryolitowy wypełniający wolne przestrzenie pomiędzy melafirowymi bombami. Dolny poziom piroklastyczny; skala 10 cm (fot. M. Rospondek)

Fig. 4. Laminated rhyolitic tuff infilling spaces between melaphyre bombs. Lower pyroclastic horizon; scale bar is 10 cm (photo by M. Rospondek)



Ryc. 5. Normalne uziarnienie frakcyjne i powłoki adhezyjne w tufie. Górny poziom piroklastyczny. Fotografia negatywowa płytki cienkiej; skala 1 cm

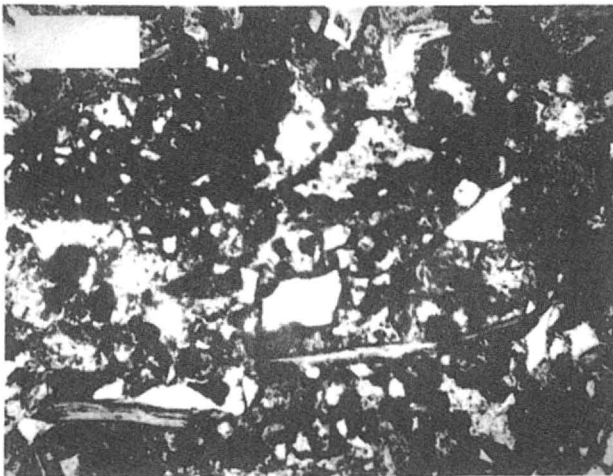
Fig. 5. Normal grading and adhesive laminae within the tuff. Upper pyroclastic horizon. Thin section, negative print; scale bar is 1 cm

nia drobnych klastów przez płytko zalegającą wodę gruntową pochodzenia meteorycznego. Powłoki adhezyjne intensywnie zabarwione związkami  $Fe^{3+}$  tworzą laminy, podkreślające strukturę warstwową osadu. Transport grubszego materiału spowodował miejscami porozrywaniem powłok adhezyjnych i powstanie drobnych kanałów erozyjnych. Obserwuje się także smugi konwekcyjne jako wynik działania wód przypowierzchniowych w osadzie oraz prawdopodobnie wczesnodiagenetyczne białe plamy i smugi, z których zostały całkowicie usunięte związki żelaza (ryc. 5).

Obecność spływów powierzchniowych i powłok adhezyjnych oraz barwa tufu charakterystyczna dla utworów typu „red beds” wskazują na kontynentalne środowisko sedymentacyjne, w warunkach klimatu półsuchego zbliżonego do współczesnego klimatu strefy subtropikalnej (14) z wyraźnym rozdziałem na porę wilgotną i suchą. Laminowany materiał popiołowy był jak się wydaje, w dużej skali przemywany okresowymi opadami w porze wilgotnej (transport fluwialny), a w porze suchej przerabiany eolicznie. Stosując więc terminologię R.V. Fishera (4) tak przerobiony, a następnie skonsolidowany popiół wulkaniczny można nazwać **tufem fluwialno-eolicznym**.

#### BADANIA MINERALOGICZNO-PETROGRAFICZNE MATERIAŁU POPIOŁOWEGO

Analiza mineralogiczno-petrograficzna materiału popiołowego potwierdza jego pochodzenie piroklastyczne. Składa się on w zasadniczej swej masie z ostrokrawędzistych okruchów skaleni alkalicznych i kwarcu, biotytu, nielicznych plagioklazów i okruchów litycznych, minerałów ciężkich i nieprzeźroczystych, podrzędnych ilości apatyty oraz matriks (ryc. 6). Matriks stanowią: zdewitryfikowane i w większości zargilizowane szkliwo wulkaniczne, krzemionkowe pseudomorfozy po skaleniach oraz substancja żelazista. Badania rentgenowskie frakcji ilastych (poniżej  $0,2 \mu m$ ) wykazały, że szkliwo wulkaniczne uległo przeobrażeniu w minerały mieszanopakietowe typu I/S o strukturze nieregularnej, z wysoką zawartością



Ryc. 6. Krystaloklastyczny tuf ryolitowy. Widoczne krystaloklasty kwarcu, skaleni i biotytu tkwiące w matriksie zbudowanej z zargilizowanego szkliwa wulkanicznego. Górny poziom piroklastyczny; skala 0,2 mm, nikole skrzyżowane

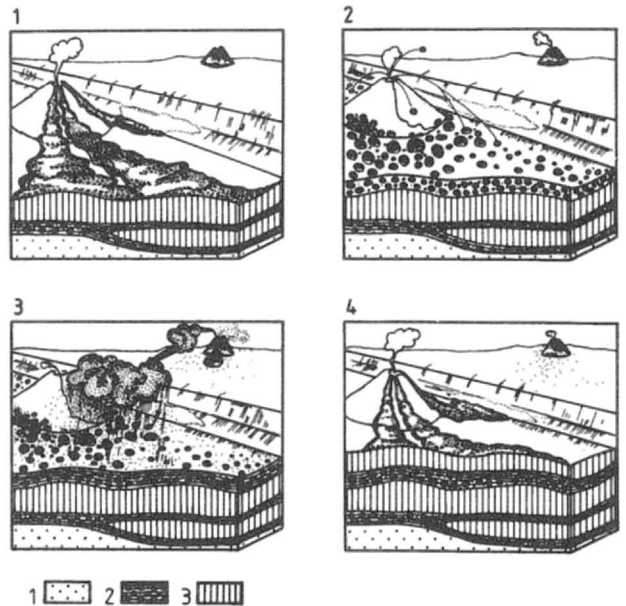
Fig. 6. Crystalloclastic rhyolitic tuff. Displaying quartz and biotite crystalloclasts, embedded in matrix composed of argillized volcanic glass. Upper pyroclastic horizon; scale bar is 0.2 mm, nicols crossed

pakietów pęczniących (smektytowych). Kwarc tworzą nieregularne spękaną ziarna lub drobne ostrokrawędziste okruchy będące fragmentami większych kryształów. Wśród skaleni alkalicznych wyróżniają się dobrze zachowane okruchy skaleni potasowych — prawdopodobnie sanidynu. Skalenie alkaliczne podobnie jak plagioklaz są częściowo zsercytyzowane. Udział zielonkawego biotytu-lepidomelanu w materiale popiołowym waha się od 9% obj. we wkładce dolnej, do 18% obj. w górnej. Jest on stosunkowo dobrze zachowany, choć spora część blaszek ulega zaawansowanym procesom degradacyjnym. W podrzędnych ilościach występuje także biotyt barwy miodowej. Spośród minerałów ciężkich występują: cyrkon, tytan, turmalin i rutil. Spotyka się także drobne ziarna tlenków i wodorotlenków żelaza stanowiące często pigment w matriksie. Wśród okruchów litycznych dominują fragmenty skał o strukturze holokrystaliczno-porfirowej z fenokryształami skaleni alkalicznych.

Według klasyfikacji Pettijohna (11) badany materiał popiołowy jest **tufem krystaloklastycznym**. Stosując natomiast terminologię zalecaną przez IUGS (10), ze względu na dość wysoki udział szkliwa (matriks) rzędu 36–42% obj. zbliża się on do **tufu krystalowitroblastycznego**. Autor na podstawie wykonanych badań uznaje go za **tuf ryolitowy**.

#### PODSUMOWANIE

Materiał wkładek piroklastycznych nie jest osadem typu aglomeratu piroklastycznego w ujęciu R.V. Fishera (4) lub IUGS (10), gdyż bomby wulkaniczne i spajający je popiół nie są produktami tej samej erupcji. W opisanym aglomeracie nastąpiła homogenizacja dwóch różnych pod względem składu tefr meteorycznych: melafirowej i ryolitowej. Tefra melafirowa reprezentowana przez



Ryc. 7. Schematyczna rekonstrukcja rozwoju sedymentacji piroklastycznej w rejonie zapadliska Nieporaz — Brodla

1 — arkoza kwaczalska, 2 — poziom piroklastyczny, 3 — potok melafirowy

Fig. 7. Development of pyroclastic sedimentation in the Nieporaz — Brodla Trough area — schematic reconstruction

1 — Carboniferous arkose, 2 — pyroclastic horizon, 3 — melaphyry lava flow

lapille i bomby wulkaniczne jest bliskoźródłową, gruboklastyczną facją erupcji wulkanu o składzie zasadowym, macierzystego dla potoków lawowych. Natomiast drobpopiołowa tefra ryolitowa może być interpretowana jako dystalna facja jakiejś odległej erupcji o kwaśnym składzie, zdeponowana w obszarze aktywności wulkanizmu melafirowego. Bomby i lapille melafirowe utworzyły porowaty szkielet, który był sukcesywnie wypełniany namywanym i sezonowo przewiewanym, ryolitowym materiałem popiołowym dostarczonym do obszaru depozycji eolicznymi pulsami. Warunkiem powstania takiego aglomeratu musiała być równoległa działalność dwóch różnych pod względem składu źródeł materiału piroklastycznego, przy czym depozycja wyrzucanego przez nie materiału nastąpiła w interwale czasu pomiędzy dwoma kolejnymi wylewami lawowymi (ryc. 7). W ten sposób powstały przypuszczalnie obie wkładki piroklastyczne, choć materiał je budujący (głównie ryolitowy) mógł pochodzić z różnych aparatów wulkanicznych. O ile źródło materiału melafirowego jest oczywiste, to źródło materiału ryolitowego pozostaje nieznanne. Występowanie podobnych utworów piroklastycznych w Porębie i Mirowie (9) oraz po przeciwnej stronie zapadliska Nieporaz—Brodła w Rudnie (2), a także zreinterpretowane dane z otworu Zbójnik k. Nieporaza (7) stwarzają przesłanki do ich korelacji.

Należy podkreślić, że w badanych utworach, w tej samej wkładce piroklastycznej współwystępują melafirowe bomby wulkaniczne i tuf o składzie ryolitowym. Tak więc, opisany z Regulic k. Alwerni „aglomerat piroklastyczny” jest dowodem równoczesności wulkanizmu melafirowego i ryolitowego w krakowskiej, paleozoicznej prowincji wulkanicznej.

Autorka składa podziękowanie doc. dr hab. Czesławowi Harańczykowi oraz dr Joachimowi Szulcowi za cenne wskazówki merytoryczne i redakcyjne podczas pisania niniejszego artykułu.

#### L I T E R A T U R A

1. B o l e w s k i A. — Roczn. Pol. Tow. Geol., 1939 t. 15 s. 42—85.
2. C i c h o Ń G. — Pr. Mineral. Komis. Nauk Miner. PAN Kraków, 1982 nr 73 s. 1—55.
3. Dokumentacja geologiczna złoża melafiru „Regulice”. Na zlecenie PRPiB Kamieniołomów Drogowych w Krakowie. Kraków, 1967.
4. F i s h e r R.V., S c h m i n c k e H.-U. — Pyroclastic Rocks. Springer Verlag Berlin, 1984.
5. H a r a Ń c z y k Cz. — Rozwój wulkanizmu krakowskiego. Przew. 60 Zjazdu Pol. Tow. Geol. w Krakowie, 1939 s. 51—58.
6. H a r a Ń c z y k Cz., C h o s y k M. — Potoki lawowe Regulic. Przew. 60 Zjazdu Pol. Tow. Geol. w Krakowie, 1989 s. 58—60.
7. R o s z e k H., S i e d l e c k a A. — Roczn. Pol. Tow. Geol., 1966 nr 1 s. 23—39.
8. R o z e n Z. — Bull. Intern. Acad. Pol., 1909 s. 801—859.

9. R u t k o w s k i J. — Kwart. Geol., 1958 nr 2 s. 267—275.
10. R y k a W. — Instrukcje i Metody Badań Geologicznych. 1987 z. 48 s. 1—52.
11. R y k a W., M a l i s z e w s k a A. — Słownik petrograficzny. Wyd. Geol., 1982.
12. S i e d l e c k i S. — Biul. Inst. Geol., 1954 nr 73 s. 1—224.
13. S i e d l e c k i S., Ż a b i Ń s k i W. — Acta Geol. Pol., 1953 nr 3 s. 441—468.
14. S z u l c J., Ć w i ż e w i c z M. — Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology, 1989 nr 70 s. 107—120.
15. Z a r ę c z n y S. — Atlas geologiczny Galicji. Tekst do zeszytu trzeciego. Komis. Fizjogr. AU Kraków, 1894 s. 1—290.

#### S U M M A R Y

The Late Paleozoic lava cover occurring in Regulice near Cracow comprises melaphyry lava flows interbedded with pyroclastic horizons. The pyroclastics are composed of two contemporaneous subaerial fall out tephra of diverse provenance. They are: melaphyry and rhyolitic tephra, which differ in their chemical and mineral composition, as well as in their structural features. The melaphyry tephra composed of lapilli and bombs is interpreted as a nearsource (vent) facies of a basic eruption, consanguineous with the melaphyry lava flows. The rhyolitic tephra represented by fluvial-aeolian dust tuff is probably a distal facies of some acidic eruption. Sedimentological features of the studied pyroclastic deposits indicate that they were formed under the conditions of continental, semi-arid environment.

*Translated by the author*

#### P E Z J O M E

Обнажающийся в Регулицях возле Кракова позднепалеозойский лавовый покров сложен мелафировыми лавовыми потоками, переслаивающимися пирокластическими прослойками. Материал изучаемых пирокластических прослоек обнаруживает черты двух различных по происхождению тефр — мелафировой и риолитовой. Эти тефры различаются своим химическим и минеральным составом, а также структурными особенностями. Мелафировая тефра, представленная лапилли и вулканическими бомбами, может считаться расположенной ближе источника крупнокластической фацией основной эрупции, материнской для лавовых потоков. Риолитовая же тефра, которая представляет собой речно-эоловый пылеватый тuff, является вероятно дистальной фацией какой-то кислой вулканической эрупции. Седиментологические черты материала пирокластических прослоек показывают, что осадконакопление исследуемых отложений проходило в континентальной осадочной среде, в условиях полусухого климата.