

Mofeta ze Złockiego (Beskid Sądecki) atrakcją geologiczną

Lucyna Rajchel*, Jacek Rajchel*



L. Rajchel

J. Rajchel

Amofette in Złockie (Sądecki Beskid) as a geological attraction. *Prz. Geol.*, 54: 1089–1092.

S u m m a r y. The most beautiful Polish mofette occurs in the Sądecki (Sącz) Beskid, within the Krynica tectonic-facial zone of the Magura Unit (Inner Carpathians). It is located in the Złockie Stream upstream of the Złockie village in the Muszyna commune. The occurrence has numerous exhalations of CO₂ in the valley floor and on the sides of this boggy stream as well as in the „Zatopione” and „Bulgotka” springs. It is also the site of the dry exhalation „Dychawka”. The floor of the valley is covered with gelatinous rusty-brown deposits of iron oxyhydroxides that precipitate either due to chemical or organic processes (the latter initiated by numerous micro-organisms, mainly ferruginous bacteria). The site is legally protected as the Professor Henryk Świdziński monument of inanimate nature. In September 2005 it was made accessible for tourists and currently is an important geological attraction in the Popradzki Landscape Park.

Key words: the Carpathians, mofette, protection of the inanimate nature, carbon dioxide, carbonated waters

Mofeta im. Prof. H. Świdzińskiego w dolinie potoku Złockiego obejmuje obszar o powierzchni około 25 m². W kilkunastu punktach, z różną intensywnością, wydobywa się tu nieustannie CO₂. Ekshalacje usytuowane na dnie potoku ujawniają się poprzez wydobywające się różnej wielkości bąble. Największa sucha ekshalacja „Dychawka”, i kilka mniejszych, znajdują się na lewym brzegu potoku. Ilość wydobywającego się na terenie mofety dwutlenku węgla szacowana jest na 15 tys. m³ na dobę, a wyraźny wpływ na tą ilość ma zmieniające się ciśnienie atmosferyczne. Znajdują się tu również źródła wody mineralnej typu szczawa; jedno nazwane „Bulgotka”, inne „Zatopione”, pokryte są wodą potoku (ryc. 1**). Nadane przez autorów nazwy doskonale obrazują ich charakterystyczne cechy, gdyż pękające bąble wydają periodycznie syczące i bulgoczące odgłosy a z pozbawionej wody „Dychawki” słychać „oddech” Ziemi.

Mofeta w Złockiem została odkryta przez Henryka Świdzińskiego i Ludwika Watychę w 1938 r. (Świdziński, 1939, 1965). Wiele lat później została wytypowana do ochrony jako rezerwat przyrody nieożywionej (Alexandrowicz, 1996), a także umieszczenia na europejskiej liście stanowisk geochrony (*European List of Geosites*) (Alexandrowicz, 1998a). Obecnie jest ona pomnikiem przyrody nieożywionej im. Profesora Henryka Świdzińskiego na podstawie rozporządzenia wojewody nowosądeckiego z roku 1998 (*Rozporządzenie...*, 1998), wydane na podstawie odpowiedniego wniosku (Alexandrowicz i in., 1998b). Na podstawie projektu opracowanego przez pracowników Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie (Rajchel i in., 2005) we współpracy z Popradzkim Parkiem Krajobrazowym, zostały przeprowadzone niezbędne prace przez specjalistyczne firmy w celu udostępnienia mofety w Złockiem.

Geologiczne położenie mofety

Mofeta w Złockiem jest usytuowana w krynickiej strefie tektoniczno-facjalnej jednostki magurskiej zewnętrznych Karpat fliszowych (ryc. 2). W rejonie tym zostały wyróż-

nione utwory wieku od górnej kredy po górny eocen (Chrzastowski i in., 1993, 1995; Birkenmajer & Oszczytko, 1989; Oszczytko, 1992). W kolejności stratygraficznej występują tu formacje:

— łupków z Malinowej — turon—niższy senon — zbudowane z czerwonych i pstrych łupków ilastych i krzemionkowych margli;

— szczawnicka — górny senon—paleocen — zbudowana ze stalowo-niebieskich cienkoławicowych, wapnistych piaskowców oraz ilastych i marglistych łupków;

— łupków z Łabowej, zbudowanych jako ilasto-margliste pstre łupki wieku eoceńskiego;

— z Zarzecza — dolny eocen — zbudowana z popielatych, cienkoławicowych wapnistych piaskowców i łupków z litosomami gruboławicowych piaskowców i zlepieńców ogniwa krynickiego

— magurska wieku środkowego i górnego eocenu, z ogniwem piaskowca z Piwnicznej w spagu.

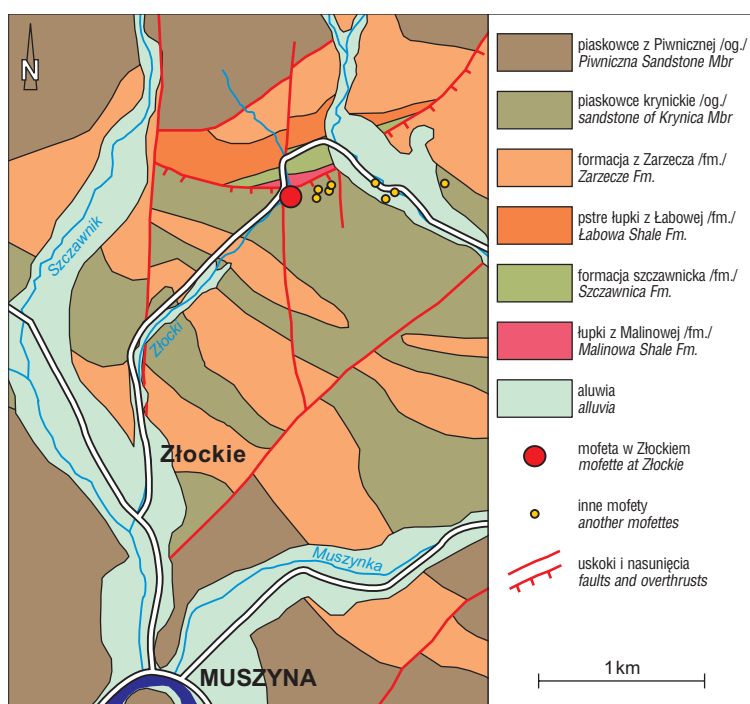
W rejonie występowania mofety ze Złockiego utwory te formują wielką strukturę antyklinalną Szczawnicka–Złockiego–Jastrzębika. Jest ona przecięta wzdłuż osi przebiegającym mniej więcej równoleżnikowo nasunięciem i kilkoma poprzecznymi i skośnymi uskokami zrztowo-przesuwczymi. Zarówno opisywana mofeta, jak i wiele mniejszych ekshalacji CO₂ są usytuowane właśnie w pobliżu wspomnianego nasunięcia po jego południowej stronie (Rajchel i in., 1999).

Charakterystyka mofety

Wyjątkowo atrakcyjną oprawą mofety jest bulgocząco-syczący rdzawo-żółty osad, wspaniale kolorystycznie kontrastujący z porastającą dno potoku intensywnie zieloną, niskopienną roślinnością. Należy ona do zespołu siedlisk wilgotnych i błotnych, a dominującą rośliną są tu gęste skupiska sitowia leśnego *Scirpus silvaticus*. Osady wód typu szczaw zostały nazwane przez prof. Henryka Świdzińskiego (1972), badacza Karpat i ich wód mineralnych, „rudawkami”. Terminu ochra jako pierwszy użył Wojciech Oczko (1578) na określenie składników wytrąconych z wód mineralnych, a Ludwik Zeuschner (1836) zwracał uwagę na „niedokwas żelaza” lub ochrę. Genezą i mineralnym składem osadów wód typu szczaw zajmowali się Hubicka-Ptasińska i in. (1984), Kostecka & Węclawik (1987), Rajchel & Rajchel (1999) oraz Rajchel i in. (2005a, b). Badaniami ochr karpacckich niezwiązanych z

*Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; rajchel@geolog.geol.agh.edu.pl

**Uwaga: ryc. 1 i 3–6 patrz str. 1107 (III str. okładki)



Ryc. 2. Mapa geologiczna okolic Złockiego (wg Chrzastowski i in., 1993, 1995; Rajchel i in., 1999, zmodyfikowane)

Fig. 2. Geological map of the Złockie area (after Chrzastowski i in., 1993, 1995; Rajchel i in., 1999, modified)

wypływami wód mineralnych zajmował się Kotlarczyk i Ratajczak (2002).

Ochry to cenny surowiec mineralny, który jest stosowany do produkcji farb mineralnych wykorzystywanych do celów artystycznych a także do wytwarzania sorbentów mineralnych (Kotlarczyk & Ratajczak, 2002). Od czasów prehistorycznych barwniki żelazowe stanowią cenne farby mineralne. Najstarsze ślady ich wykorzystania znaleziono w grotach w Afryce Południowej, a są one datowane na 350 000 lat. Kolorystyka pigmentów żelazowych jest różnicowana, stąd wyróżnia się ochrę barwy żółtobrazowej lub ciemnobrazowej (czerwonawej) — sjenę (nazwa związana jest ze Sieną w Toskanii, gdzie najwcześniej była eksploatowana). Ochra złocistobrunatna to ugiel, a ciem-

Tab. 1. Zestawienie zawartości żelaza (rozpuszczalnego metodą DCB), wapnia (rozpuszczalnego w HCl) i manganu (rozpuszczalnego metodą DCB) w osadach z mofety w Złockiem

Table 1. Contents of iron (soluble — the DCB method), calcium (soluble in HCl) and manganese (soluble — the DCB method) in the deposits of the mofette in Złockie

Lokalizacja próbki Sample localization	Zawartość [% wag.] Content [% weight]		
	Fe	Ca	Mn
Źródło „Bulgotka” The „Bulgotka” spring	30,00	0,32	0,020
Źródło „Zatopione” The „Zatopione” spring	42,77	7,54	0,127
Potok Złocki, powyżej źródła „Zatopione” The Złocki Stream, upstream of the „Zatopione” spring	25,22	1,71	0,276
Potok Złocki, poniżej źródła „Zatopione” The Złocki Stream, downstream of the „Zatopione” spring	35,06	2,30	0,090

nobrazowa — umbra (od Umbrii we Włoszech, gdzie również ją wydobywano). Barwę żółtą nadaje ochrze goethyt; głównym komponentem ochr barwy czerwono-brązowej jest hematyt, a ciemniejsze barwy wywołują domieszki tlenków manganu (Kotlarczyk & Ratajczak, 2002).

Osady szczaw na terenie mofety w potoku Złockim najobficiej występują w otoczeniu źródła „Zatopione”, gdzie mają postać spienionego żelu lub galaretowato-kłaczkowatej zawiesiny (ryc. 3). W znacznie mniejszej ilości osad ten występuje w niszy i na drodze odpływu wody ze źródła „Bulgotka”, gdzie ma głównie postać cienkiej powłoki. Osad ochry suchej, pozbawiony wody, jest przeważnie barwy brunatno-żółtej; jest on ziemisty, gruzłowaty, kruchy.

Wyniki badań w rejonie mofety

Osady w potoku Złockim, jak i pochodzące ze źródeł szczaw i wód kwasowęglowych z Popradzkiego Zagłębia Balneologicznego, zbudowane są z materiału allogenicznego, wynieszonego przez wypływającą wodę ze skał otaczających i składników autogenicznych, strąconych z tej wody (Rajchel i in., 2005a, b). W skład materiału allogenicznego wchodzi głównie kwarc, skalenie i minerały ilaste. Grupa minerałów autogenicznych to przede wszystkim ferrihydrit i goethyt oraz węglany (głównie kalcyt, niekiedy syderyt lub żelazisty dolomit). Sporadycznie występuje siarka elementarna, gips, oraz krzemionka typu opalowego. Ta ostatnia związana jest prawdopodobnie ze szkielecikami okrzemek, zasiedlających wypływy opisywanych tu wód mineralnych.

Grupą minerałów decydującą o charakterystycznych barwach i strukturze badanych osadów są tlenowodorotlenki żelaza. Tworzą one galaretowatą masę o barwie od żółtobrazowej przez ciemnobrazową do rdzawoczerwonej. Różnorodność ta związana jest głównie ze zmiennością charakteru fazowego oraz z adsorbcją na powierzchni tlenków żelaza różnych jonów, powodujących modyfikację ich właściwości optycznych (Landuydt, 1990), jak również z obecnością substancji organicznych (Parfenova & Yari-lova, 1962). Genezę osadów wiążąc należy z utlenianiem obecnego w wodach Fe^{2+} na granicy woda/powietrze. Żelazo dwuwartościowe przechodzi wówczas w trójwartościowe, które natychmiast hydrolizuje, tworząc wodorotlenki. Proces ten zachodzi tym szybciej, im wyższe jest pH środowiska. Ponieważ odczyn wód, z których wytrącają się te osady, jest dość wysoki (pH 6–7), można przyjąć, że proces ten przebiega bardzo szybko. Szybkie utlenienie sprzyja powstawaniu ferrihydrytu, który z kolei może z upływem czasu przechodzić w goethyt. Goethyt może również wytrącać się bezpośrednio z roztworu, gdyż jego powstawaniu sprzyja obecność rozpuszczonego dwutlenku węgla (Cornell & Schwertmann, 1996). Otwartą kwestią jest zagadnienie, w jakim stopniu w utlenianiu Fe^{2+} mają udział mikroorganizmy, głównie bakterie żelaziste.

Na podstawie wyników badań chemicznych stwierdzono w osadach z terenu mofety w Złockiem wysoką zawartość żelaza i wapnia — związanych głównie z minerałami autogenicznymi (tab. 1) oraz glinki i krzemionki (Rzepa & Rajchel, 2006).

Tab. 2. Skład chemiczny osadów z mofety w Złockiem
Table 2. Chemical composition of the deposit from the mofette in Złockie

Składnik Component	Źródło „Zatopione” „Zatopione” spring
SiO ₂	17,82
TiO ₂	0,21
MnO ₂	0,24
Al ₂ O ₃	4,48
Fe ₂ O ₃ *	48,66
Cr ₂ O ₃	< 0,01
MgO	0,58
CaO	4,08
Na ₂ O	0,34
K ₂ O	0,85
P ₂ O ₅	0,19
str. praż. LOI	22,72
Σ Total	100,17
C _t	3,34
S _t	0,10

Objaśnienia: *całkowita zawartość żelaza przeliczona na Fe₂O₃; str. praż. – pozorne straty prażenia (obejmujące H₂O⁺); C_t – węgiel całkowity; S_t – siarka całkowita

Explanations: * - total iron recalculated into Fe₂O₃; LOI – loss on ignition (include H₂O⁺); C_t – total carbon; S_t – total sulphur

Szczególną uwagę zwracają bardzo duże wartości pozornych strat prażenia, oraz wysoka zawartość krzemionki (tab. 2). Prawdopodobnie jest to związane z obecnością w analizowanych osadach bogatego zespołu mikroorganizmów, w tym licznych okrzemek. Szczegółową analizę chemiczną osadu z dna potoku w Złockiem przy źródle „Zatopione” wykonano metodą XRF w *Activation Laboratories LTD* (Lancaster, Ontario, Kanada; Rzepa & Rajchel, 2006).

Przeprowadzono również analizę składników ekshalacji wydobywającej się ze źródła „Zatopione” (tab. 3). Głównym składnikiem wydobywającego się gazu jest oczywiście dwutlenek węgla w ilości bez mała 95 %, którego ilość jest porównywalna z jego zawartością w otworach Łomnica oraz Zuber I i II (Rajchel i in., 1999).

Tabela 3. Skład gazu z mofety w potoku Złockim w % objętościowych*

Table 3. Composition of a gas sample from the mofette in Złockie [vol. %]**

Próbka Sample	CO ₂	O ₂	N ₂	He	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆
Ekshalacja ze źródła „Zatopione” Gas exhalation — „Zatopione” spring	94,23	0,44	4,17	0	0	0,65	0,00009

*na podstawie analiz chromatograficznych wykonanych w laboratorium Zakładu Surowców Energetycznych AGH

**gas chromatography, analysis made in the laboratory of the Department of Energy Raw Materials, AGH-UST

Według przeprowadzonych badań mikrobiologicznych, zarówno w osadzie galaretowatym, jak i występującym w charakterze powłok na wypływach wód mineralnych na terenie mofety w potoku Złockim znajduje się obfity i urozmaicony zespół drobnoustrojów, biorących czynny udział w przemianach różnych związków żelaza. W dużej mierze zespół ten jest odpowiedzialny za wytrącanie wspomnianego osadu, a dominującą rolę odgrywają w nim bakterie żelaziste. W zespole tym zidentyfikowano kolonie bakterii *Eubacteriales*, promieniowców *Actinomycetales*, grzybów *Phycomycetes* i *Hyphomycetes* oraz okrzemek *Bacillariophyceae*. Wśród bakterii stwierdzono zarówno bakterie redukujące (rodzaje: *Bacillus*, *Clostridium* i *Desulfobrio*), jak i utleniające (rodzaje: *Galionella*, *Leptothrix* i *Thiobacillus*) związki żelaza, a także bakterie beztlenowe. Ilość bakterii redukujących i utleniających (miano) została określona w każdej z tych grup na 10⁻⁵ tys. na 1 g osadu, podczas gdy dla bakterii beztlenowych ilość ta wynosiła 10⁻³.

Geologiczna atrakcja

Beskid Sądecki posiada niepowtarzalną georóżnorodność, a szczególną wartość mają występujące na jego obszarze cenne, unikatowe wody mineralne, tworzące Popradzkie Zagłębie Balneologiczne. Jest to największy i najzasobniejszy w Polsce region występowania wód mineralnych typu szczaw i wód kwasowęglowych, które charakteryzują się obecnością wolnego dwutlenku węgla. Zjawiskiem unikatowym są tu mofety, czyli suche ekshalacje dwutlenku węgla.

Właśnie w dolinie potoku Złockiego k/Muszyny znajduje się najbardziej efektowna i najładniejsza w Polsce mofeta. Jest ona zlokalizowana na obszarze Popradzkiego Parku Krajobrazowego, który został utworzony na terenie Beskidu Sądeckiego w roku 1987. Dobrze promuje on Ziemię sądecką i przyczynia się do utrzymania jej istotnych walorów — przyrody żywej i nieożywionej.

Artykuł opisujący tą niezwykłą mofetę ukazał się przed paru laty w *Przeglądzie Geologicznym* 47/7 (Rajchel i in., 1999). Niestety, nie mając w rękę tego zeszytu *Przeglądu*, trudno było ją zlokalizować w terenie. Na dodatek zejście na dno potoku było strome, śliskie i zarośnięte krzakami, przez co odszukanie i zwiedzanie mofety było utrudnione a często niemożliwe. Miejsce to, choć prawem chronione jako pomnik przyrody nieożywionej (Rajchel & Rajchel, 1999, 2000), stało się z czasem nielegalnym wysypiskiem śmieci dla okolicznych mieszkańców i właściwie mofeta przysypywana „warstwą kulturową” (w postaci puszek, butelek, telewizorów, pralek, fragmentów samochodów, płytek ceramicznych i hałd styropianu) zaczęła błyskawicznie znikać.

Tylko dzięki nieocenionemu zaangażowaniu, pasji i inicjatywie dyrektora Popradzkiego Parku Krajobrazowego, mgr. inż. Tadeusza Wiczorka, przy finansowym wsparciu Popradzkiego Parku Krajobrazowego, Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie i Urzędu Miasta i Gminy Uzdrawiskowej Muszyna, czyli osób i instytucji, które doceniły wartość mofety, udało się ją ocalić.

Sposób udostępnienia

Najważniejsze działania podjęte celem udostępnienia mofety w Złockiem do zwiedzania polegały na wykonaniu schodów prowadzących na dno potoku, mostu — spełniającego rolę centralnie położonego punktu widoko-

wego, obudowaniu łamanym kamieniem źródła „Bulgotka” (ryc. 4) i suchej ekshalacji „Dychawka” (ryc. 5), a także wykonaniu niezbędnych, wyłożonych kamieniem ścieżek (Rajchel & Rajchel, 2006). Cały teren wokół mofety, w tym dno potoku, został oczyszczony ze śmieci a także powalonych drzew i uschniętych krzaków. W wyniku tego ostatniego zabiegu odsłonił się rozległy widok na dno doliny potoku z szeregiem miejsc wydobywającego się spod wody dwutlenku węgla oraz rozległymi skupieniami intensywnie rdzawego wodorotlenku żelaza. Przy głównej drodze biegnącej wzdłuż potoku Złockiego została umieszczona wielka tablica informacyjna (ryc. 6). Podaje ona krótką historię odkrycia mofety, przedstawia mapę geologiczną okolicy wraz z przekrojem geologicznym tego rejonu. Inne trzy tablice usytuowane są w dolinie potoku, bezpośrednio w pobliżu najbardziej atrakcyjnych miejsc. Informują one między innymi o tym, czym jest mofeta, o składzie chemicznym wydobywających się gazów i wpływających tu wód mineralnych. Zakończenie prac i udostępnienie mofety nastąpiło we wrześniu 2005 roku. Nareszcie godnie, i z szacunkiem należącym dla Natury, będzie można podziwiać to niezwykle miejsce i posłuchać „oddechu” Ziemi.

Promocja mofety w Złockiem

Zespół Popradzkiego Parku Krajobrazowego wydał ciekawy folder promujący mofetę, dostępny w ośrodkach informacji turystycznej Sądecczyzny. Na ukazujących się po roku 1998 mapach turystycznych Beskidu Sądeckiego zaznaczana jest lokalizacja mofety w Złockiem, a także, nowoodkryte źródła wód mineralnych — szczaw, kwasowęglowych i siarczkowych. Część z nich objęta jest ochroną jako pomniki przyrody nieożywionej (Rajchel & Rajchel, 1999). Również niepowtarzalne odgłosy źródła „Bulgotka” i „Zatopione” oraz ekshalacji „Dychawka” były inspiracją dla artystów z Zespołu „Magiczne Karpaty”, którzy wydali płytę CD z zarejestrowanymi niecodziennymi dźwiękami płynącymi z głębi Ziemi (Styczyński, 2006). To nastrojające kontemplacyjnie brzmienie Karpat sprzed milionów lat, to zarejestrowane naturalne zjawiska akustyczne towarzyszące suchej ekshalacji gazu „Dychawka” i źródłu „Zatopione” i „Bulgotka”. Nakładające się dźwięki powodują tworzenie specyficznego, niepowtarzalnego pejzażu dźwiękowego towarzyszącego mofecie. Wszystkie te działania spowodowały niezwykle wzrost zainteresowania mofetą; jest ona regularnie odwiedzana przez zorganizowane grupy, głównie młodzieżowe i indywidualnych turystów. Stanowi również stały punkt realizacji programu dydaktycznego dla studentów Akademii Górniczo-Hutniczej.

Praca została zrealizowana w ramach badań statutowych AGH w Zakładzie Geologii Podstawowej i Ochrony Środowiska nr 11.11.140.159 oraz Zakładzie Geologii Złóżowej i Górniczej nr 11.11.140.890.

Literatura

ALEXANDROWICZ Z. (red.) 1996 — Geochrona Beskidu Sądeckiego i Kotliny Sądeckiej. *Studia Naturae*, 42: 1–148, Kraków.
 ALEXANDROWICZ Z., POPRAWA D. & RĄCZKOWSKI W. 1998a — The regional network of geosites in the Polish Carpathians. *Prz. Geol.*, 46: 775–781.
 ALEXANDROWICZ Z., RAJCHEL J. & RAJCHEL L. 1998b — Projekt ochrony mofety CO₂ w Złockiem imienia Profesora Henryka

Świdzińskiego. Wydział Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa Urzędu Wojewódzkiego w Nowym Sączu. *ms*: 4 pp.
 BIRKENMAJER K. & OSZCZYPKO N. 1989 — Cretaceous and Paleogene Lithostratigraphic units of the Magura Nappe, Krynica Subunit, Carpathians. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, 59: 145–181.
 CHRZĄSTOWSKI J., NESCIERUK P. & WÓJCIK A. 1993 — Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski. 1:50 000. Arkusz Muszyna (1052) i arkusz Leluchów (1062). Państw. Inst. Geol., Warszawa, 44 pp.
 CHRZĄSTOWSKI J., NESCIERUK P. & WÓJCIK A. 1995 — Szczegółowa mapa geologicznej Polski. 1: 50 000. Arkusz Muszyna (1052) i arkusz Leluchów (1062). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
 CORNELL R.M. & SCHWERTMANN U. 1996 — The iron oxides. Structure, properties, reactions, occurrence and uses. Weinheim, New York, Basel, Cambridge, Tokyo, VCH, 573 pp.
 HUBICKA-PTASIŃSKA M., RATAJCZAK T. & WĘCŁAWIK S. 1984 — Ochry ze źródeł wód mineralnych w dorzeczu Popradu (polskie Karpaty fliszowe). *Kwartalnik AGH, Geologia*, 10/3: 55–87.
 KOSTECKA A. & WĘCŁAWIK S. 1987 — Mineral water deposits in vicinity of Tylicz (Beskid Niski Range, Polish Flysch Carpathians). *Ann. Soc. Geol. Pol.*, 57: 37–58.
 KOTLARCYK J. & RATAJCZAK T. 2002 — Ochra karpacka z Czerwonek Hermanowskich koło Tyczyna. *Wyd. IGSMiE PAN, Kraków*: 1–120.
 LANDUYDT C.J. 1990 — Micromorphology of iron minerals from bog ores of the Belgian Campine area. [W:] Douglas L.A. (ed.) *Soil micromorphology; a basic and applied science*. VIIIth International Working Meeting of Soil Micromorphology, San Antonio, TX, July 1988, Elsevier Sci. Pub.: 289–294.
 OCZKO W. 1578 — „Cieplice”, [W:] Przymiot i Cieplice, opatrzone życiorysem W. Oczki przez E. Klinka (1881).
 OSZCZYPKO N. 1992 — Zarys stratygrafii płaszczowiny magurskiej. [W:] Zuchiewicz W. & Oszczytko N. (eds) — *Przewodnik LXIII Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Koninki, 17–19 września 1992, Kraków*: 11–20.
 PARFENOVA E.I. & YARILOVA E.A. 1962 — Characteristic features of certain USSR soils in thin section. [W:] Key C.A. (ed.) *Mineralogical investigations in soil science*. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem: 78–96. *Przedruk* [W:] Stoops G. & Eswaran H. (eds), 1986 — *Soil micromorphology*. Van Nostrand Reinhold Company, New York: 271–289.
 RAJCHEL J., CHRZĄSTOWSKI J. & RAJCHEL L. 1999 — Mofeta ze Złockiego k. Muszyny w jednostce magurskiej zewnętrznych Karpat fliszowych. *Prz. Geol.*, 47: 665–657.
 RAJCHEL L. 2006 — Occurrences of the carbonated waters in the Polish Carpathians. XVIIIth Congress of Carpathian Geological Association, Serbia, Belgrad: 494–495.
 RAJCHEL L. & RAJCHEL J. 1999 — Karpackie źródła wód mineralnych i swoich pomnikami przyrody nieożywionej. *Prz. Geol.*, 47: 911–919.
 RAJCHEL L. & RAJCHEL J. 2000 — Mofeta i źródła szczaw w okolicach Muszyny. *Almanach Muszyny 2000*: 89–97.
 RAJCHEL L. & RAJCHEL J. 2006 — Ocalaona Mofeta. *Almanach Muszyny 2006*: 85–87.
 RAJCHEL L., RAJCHEL J., RATAJCZAK T. & RZEPA G. 2005a — Mineralogical investigations of carbonated water deposits from the area of Polish Carpathians. *Mineralia Slovaca*, 37: 488–489.
 RAJCHEL L., RAJCHEL J., RATAJCZAK T. & RZEPA G. 2005b — Deposits of carbonated waters from selected springs of the Polish Carpathians. *RMZ Materials and Geoenvironment. Periodical for Mining, Metallurgy and Geology*, 52: 107–110.
 RZEPA G. & RAJCHEL L. 2006 — Skład mineralny osadów wód karpackich typu szczaw. *Wyd. IGSMiE PAN, Gosp. Sur. Min., Zesz. Spec.*, 3: 215–236.
 RAJCHEL L., RAJCHEL J. & WIEJA T. 2005 — Projekt udostępnienia mofety, pomnika przyrody nieożywionej im. Prof. H. Świdzińskiego w Złockiem. *Archiwum Popradzkiego Parku Krajobrazowego w Starym Sączu*.
Rozporządzenia Nr 48 Wojewody Nowosądeckiego z dnia 7 grudnia 1998 r. W sprawie uznania za pomniki przyrody niektórych obiektów przyrody ożywionej i nieożywionej znajdujących się na obszarze województwa nowosądeckiego. Załącznik Nr 1/9. Mofeta CO₂ im. prof. Henryka Świdzińskiego.
 STYCZYŃSKI M. 2006 — Muzyka mofety w Złockiem, czyli po co przykładac ucho do ziemi. *Almanach Muszyny 2006*: 89–94.
 ŚWIDZIŃSKI H. 1965 — Naturalne ekshalacje dwutlenku węgla w Karpatach polskich. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 34: 417–430.
 ŚWIDZIŃSKI H. 1972 — Geologia i wody mineralne Krynicy. *Pr. Geol., PAN*, 70: 11–105.
 ZEUSCHNER L. 1836 — O wodach kwaśnych, czyli Szczawach w Karpatach. *Pam. Farmac. Krak.* (wydaw. przez Flor. Sawiczewskiego), 3: 265–298, Kraków.

Praca wpłynęła do redakcji 06.09.2006 r.

Akceptowano do druku 17.10.2006 r.

Mofeta ze Złockiego (Beskid Sądecki) atrakcją geologiczną — patrz str. 1089



Ryc. 1. Źródło „Zatopione” w dnie potoku Złockiego. Fot. L. Rajchel
Fig. 1. The „Zatopione” spring in the bottom of the Złocki Stream. Phot. L. Rajchel



←

Ryc. 3. Przykryty wodą żelazisty osad w dnie potoku Złockiego obok źródła „Zatopione”. Fot. J. Rajchel
Fig. 3. Ferruginous deposit covered with water on the bottom of the Złocki Stream next to the „Zatopione”



←

Ryc. 5. „Dychawka” — sucha ekshalacja CO₂ na lewym brzegu potoku Złockiego. Fot. J. Rajchel
Fig. 5. „Dychawka” — dry exhalation of CO₂ on the left bank of the Złocki Stream. Phot. J. Rajchel



Ryc. 4. Źródło „Bulgotka” na lewym brzegu potoku Złockiego. Fot. J. Rajchel
Fig. 4. The „Bulgotka” spring on the left bank of the Złocki Stream. Phot. J. Rajchel



Ryc. 6. Główna tablica informacyjna o mofecie. Fot. J. Rajchel
Fig. 6. Main information board on the mofette. Phot. J. Rajchel