

Mofeta z Tylicza w płaszczynie magurskiej Karpat zewnętrznych

Jacek Rajchel¹, Lucyna Rajchel¹, Janusz Cisek²



J. Rajchel

L. Rajchel

J. Cisek

Mofetta from Tylicz in the Magura Nappe of the Outer Carpathians.
Prz. Geol., 61: 541–546.

A b s t r a c t. The described mofetta of CO₂ is located in the Sądecki Beskid Mts, within the Poprad Landscape Park in Tylicz near Krynica, where it can be found on the SE slope of the Szalone hill, between the Syhowny and Bradowiec streams, the rightbank tributaries of the Muszynka Stream. The mouth of the mofetta, whose coordinates are: longitude 21°00'20"E, latitude 49°23'25"N, and altitude 577 m a.s.l., is currently situated within a private holiday center. Geologically, the mofetta is situated within the Maszkowice Sandstone Member of the Magura Formation, in the SE part of the Magura Nappe of the Outer Carpathians. In its close vicinity the tectonic-facies

Krynica zone is thrust onto the Bystrzyca zone and the thrust line is intersected by the Tylicz dislocation. The daily volume of the gas discharged is estimated at fifteen or so thousand cubic meters with CO₂ being the main constituent (almost 95%), while minor constituents include N₂ (3.87%), CH₄ (0.62%) and O₂ (0.21%). The δ¹³C value of the CO₂ of the Tylicz mofetta is -1.05‰ against V-PDB. The gases of the mofetta are accompanied by an outflow of the carbonated water (HCO₃-Ca-Mg + CO₂ type, TDS 1.8 g/dm³) from the Lis spring, where abundant gelatinous, rusty-colored deposits of iron oxyhydroxides precipitate. In the years 1962–1966 the CO₂ exhaled from the mofetta was utilized in experiments on algae growing, mainly for manufacturing an algae fodder. In the year 2011 the mofetta in Tylicz was made accessible to the public.

Keywords: Outer Carpathians, Magura Nappe, Tylicz, mofetta, exhalation of CO₂

Impulsem do napisania artykułu było udostępnienie dla zwiedzających w październiku 2011 r. jednej z większych mofet w Beskidzie Sądeckim. Inną przyczyną podjęcia tego tematu była chęć spopularyzowania informacji o istnieniu mofety w Tyliczu, jako obiektu wartego bliższego poznania przez geologów i nie tylko.

LOKALIZACJA MOFETY

Mofeta, w klasycznym znaczeniu tego słowa, to związane z działalnością wulkaniczną lub postwulkaniczną suche wyziewy CO₂ o temperaturze poniżej 100°C, zawierające także w niewielkich ilościach: CO, CH₄ i inne węglowodory oraz Ar i He (Książkiewicz, 1972; Ciężkowski, 2002). Termin ten stosowany jest także tradycyjnie w Karpatach na określenie podobnego typu wyziewów (Gadomski, 1934; Świdziński, 1965).

Opisywana mofeta znajduje się w miejscowości Tylicz, we wschodniej części Beskidu Sądeckiego, na terenie Popradzkiego Parku Krajobrazowego. Usytuowana jest na prawym zboczu doliny potoku Muszynka i zboczu wzniesienia Szalone (829 m n.p.m.), pomiędzy dolinami potoków Syhowny od południa i Bradowiec od północy (ryc. 1), na terenie ośrodka wypoczynkowego „Domki w Lesie”. Koordynaty mofety to: długość geograficzna 21°00'20", szerokość geograficzna 49°23'25", wysokość 577 m n.p.m.

Ekshalacje dwutlenku węgla w rejonie Tylicza opisywane były już w latach 30. XIX wieku (Zeuschner, 1836) i w latach 30. XX wieku (Gadomski, 1934). Szczegółowe badania chemiczne i izotopowe ekshalacji tylickiej prowadzili Ciężkowski i in. (1999) oraz Duliński i in. (2005).

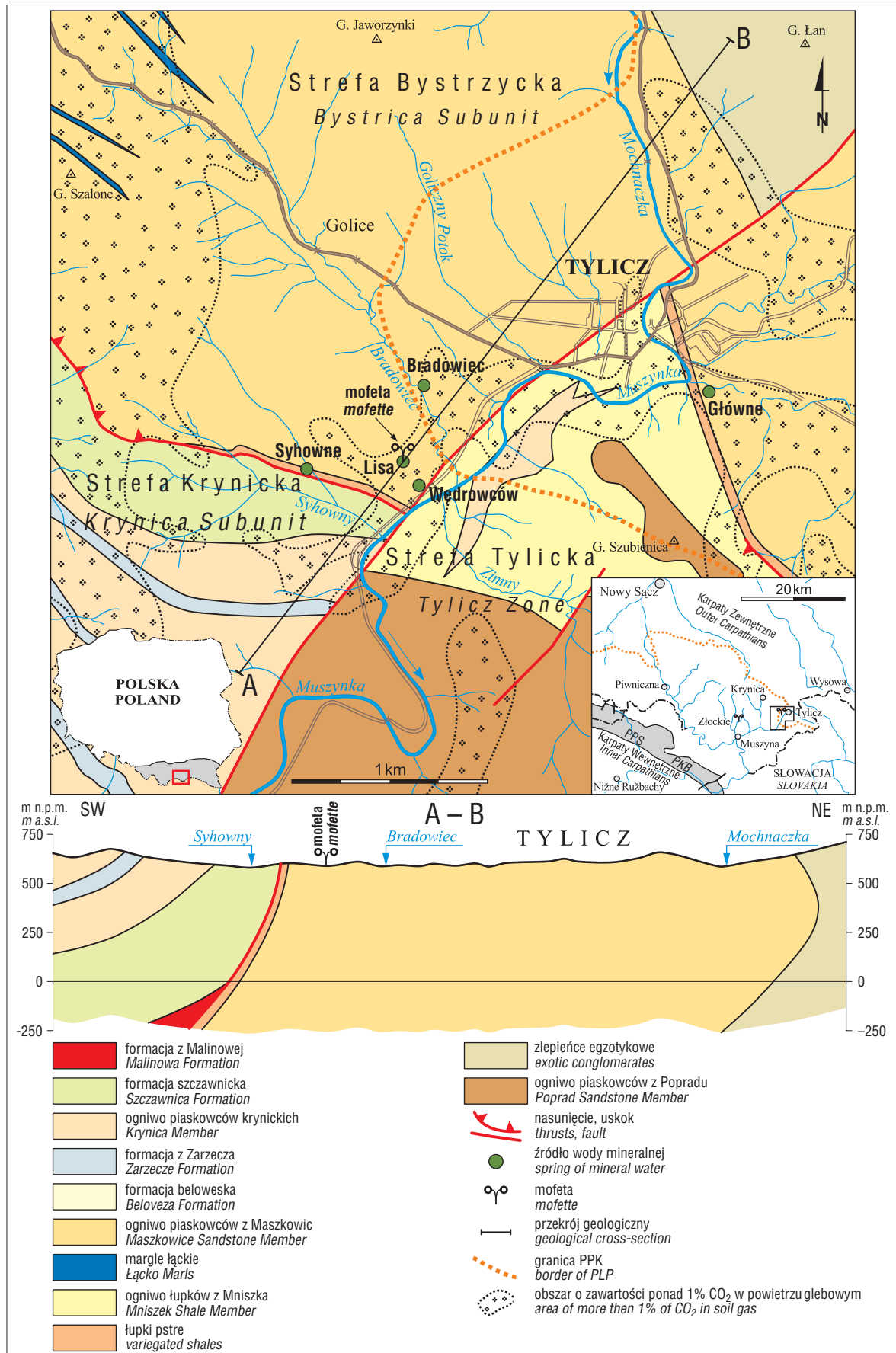
W miejscu lokalizacji mofety znajduje się 11 wkopanych w podłoże betonowych kręgów, będących pozostałością po pracach badawczych z lat 60. XX wieku nad produkcją glonów do celów paszowych i konsumpcyjnych w oparciu o dwutlenek węgla z ww. mofety (ryc. 2 – na str. 547). Najbardziej intensywny wpływ gazu mofety w Tyliczu związany jest z najwyższym na zboczu położonym kręgiem, obejmującym wodę mineralną ze źródła Lisa (ryc. 1). Wyprowadza ono szczawę typu HCO₃-Ca-Mg + CO₂ o mineralizacji 1,8 g/dm³ (tab. 1). W otoczeniu mofety znajduje się wiele znacznie mniejszych, suchych ekshalacji dwutlenku węgla (Świdziński, 1965). Tam też na wzniesieniu Szalone obserwowano w latach 70. XX wieku zjawisko kilkudniowej erupcji gazu wyrzucającej zalegający w tym miejscu torf na wiele metrów w górę (Ciężkowski, 2002).

Przeprowadzone w latach 1994–1998 pomiary zawartości dwutlenku węgla w powietrzu glebowym w rejonie doliny Muszynki (Ciężkowski i in., 1999), mierzone w otworach badawczych o głębokości 1 m, zlokalizowały nieregularny obszar podwyższonej zawartości tego gazu (ryc. 1). Rozciąga się on wzdłuż dyslokacji tylickiej, poprzecznego uskoku zrzutowo-przesuwczego biegnącego przez Tylicz, z centrum w rejonie opisywanej mofety, gdzie osiąga wartości powyżej 16% objętościowych. Obszary o zwiększonej zawartości CO₂ w granicach 1–2% objętościowych znajdują się również na wschód od tego rejonu (ryc. 1). W badaniach tych nie stwierdzono związku pomiędzy litologią podłoża a zawartością CO₂ w powietrzu glebowym, zgodność taka zaznacza się natomiast wyraźnie wzdłuż dyslokacji nieciągłych.

Niewielkie mofety usytuowane są także w tym rejonie w dolinie Szczawicznych Potoków w Krynicy. Były również

¹Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; jrajchel@geol.agh.edu.pl, rajchel@geol.agh.edu.pl.

²Stowarzyszenie na Rzecz Rozwoju Tylicza, ul. Rynek 1, 33-383 Tylicz; januscisek@poczta.onet.pl.



Ryc. 1. Mapa geologiczna i przekrój w rejonie występowania mofety w Tyliczu (Ciężkowski i in., 1999; Oszczytko & Oszczytko-Clowes, 2010; zmodyfikowane). PPS – pieniński pas skałkowy, PPK – Popradzki Park Krajobrazowy
Fig. 1. Geological map and cross-section of the mofetta area near Tylicz (Ciężkowski et al., 1999; Oszczytko & Oszczytko-Clowes, 2010; modified). PKB – Pieniny Klippen Belt, PLP – Poprad Landscape Park

Tab. 1. Skład chemiczny wody ze źródła Lis i Klaudia w Tyliczu [mg/dm³]**Table 1.** Chemical composition of waters from the Lis and Klaudia springs in Tylicz [mg/dm³]

Składniki Components	Źródło Lisa Lis spring	Źródło Lisa Lis spring	Źródło Klaudia Klaudia spring
	1	2	3
Suma Total	1126,33	1083,3	239,03
Na ⁺	19,55	16,52	3,8
K ⁺	5,21	2,96	1,1
Li ⁺	n.a.	0,051	n.a.
Ca ⁺⁺	192,38	188,1	35,3
Mg ⁺⁺	38,91	36,26	13,6
Fe ⁺⁺	0,21	0,659	0,2
Mn ⁺⁺	0,51	0,904	0,007
Cl ⁻	2,40	2	1,8
SO ₄ ⁻	n.a.	< 0,20	n.a.
HCO ₃ ⁻	854,50	833	183
H ₂ SiO ₃	n.a.	29,25	n.a.
CO ₂	948	1809,00	13,2

Analizy według: 1, 3 – B. Hrycyk, 1963; 2 – L. Rajchel, 2012.

n.a. – nie analizowano.

Sources of analyses: 1, 3 – B. Hrycyk, 1963; 2 – L. Rajchel, 2012.
n.a. – not analyzed.

notowane w przeszłości na terenie samej Krynicy Zdroju, w Powroźniku (Świdziński, 1965, 1972; Chrzastowski & Ostrowicka, 1979) oraz w Wysowej (Chrzastowski & Węclawik, 1972). Wielka, znana od lat 30. XX wieku, i udostępniona mofeta, znajduje się w dolinie potoku Złocki koło Muszyny, wraz z towarzyszącymi jej mniejszymi mofetami, usytuowanymi na dziale pomiędzy Złockiem a Szczawnikiem (Rajchel i in., 1999; Rajchel & Rajchel, 2006a; Rajchel, 2012). Mofety CO₂ znane są także z Karpat słowackich, szczególnie z Wyżnych Rużbachów w Kotlinie Spiskiej (ze słynnym Kraterem i Jamą Smrti) (Ložek, 1964; Dowgiałło, 1978; Gradziński i in., 2009), co opisywał już Ludwik Zeuschner (1836), i w rejonie Cigelki (Bačova, 2009). Mofety CO₂ występują również w Karpatach ukraińskich (Babiniec i in., 1978) i w Sudetach (Dowgiałło, 1978; Ciężkowski, 2002).

KONTEKST GEOLOGICZNY

Mofeta w Tyliczu znajduje się w obrębie południowo-wschodniej części płaszczowiny magurskiej Karpat zewnętrznych w tektoniczno-facjalnej strefie bystrzyckiej. Usytuowana jest na wychodni ogniwa piaskowców z Maszkowic formacji magurskiej, przykrytych miąższami utworami stokowo-zwietrzelinowymi (ryc. 1). W jej bezpośrednim sąsiedztwie przebiega nasunięcie tektoniczno-facjalnej strefy krynickiej na wspomnianą strefę bystrzycką, a także usytuowana jest wielka, poprzeczna do tego nasunięcia, dyslokacja tylicka o charakterze uskoku zrzutowo-przesuwczego. Oddziela ona wspomniane strefy od strefy tylickiej (Oszczypko & Oszczypko-Clowes, 2010). Lokalizacja mofety, jak i obecność wód typu szczawy na

terenie Tylicza, związana jest niewątpliwie z tymi dyslokacjami.

W profilu litostratygraficznym podjednostki bystrzyckiej i tylickiej (Oszczypko, 1992; Oszczypko & Oszczypko-Clowes, 2010) wyróżniamy w tym rejonie utwory wieku eoceńskiego:

- formację z Łabowej – ilasto-margliste łupki o zabarwieniu czerwonym i seledynowo-niebieskim;
- formację belowską – cienkoławicowe wapniste piaskowce barwy stalowo-niebieskiej przedzielane pakietami ilastych i marglistych łupków podobnej barwy;
- formację magurską, w której wyróżniono:
 - a) ogniwo piaskowców z Maszkowic – gruboławicowe piaskowce z wkładkami margli łączkich;
 - b) ogniwo łupków z Mniszka – piaskowce cienkoławicowe i łupki ilaste z wkładkami łupków pstrych i zlepieńców egzotykowych;
 - c) ogniwo piaskowców z Popradu – gruboławicowe piaskowce.

Z kolei w obrębie jednostki krynickiej możemy wyróżnić:

- formację z Malinowej, wieku turon-cenoman – ilaste łupki czerwone i pstre z wkładkami bladezielonych margli krzemionkowych;
- formację ze Złockiego, wieku mastrycht-paleocen – piaskowce cienkoławicowe i łupki ilaste pstre;
- formację szczawnicką, wieku górny senon-paleocen – cienkoławicowe wapniste piaskowce barwy stalowo-niebieskiej, przedzielane pakietami ilastych i marglistych łupków podobnej barwy, w której wyróżniono:
 - a) ogniwo piaskowców życzanowskich – gruboławicowe piaskowce i zlepieńce;
 - formację z Zarzecza, wieku dolnego eocenu – drobnotymiczny flisz: popielate i stalowe piaskowce wapniste i ilasto-margliste łupki popielate i niebieskie, w której wyróżniono:
 - a) ogniwo piaskowców krynickich – rozsypliwie, gruboławicowe piaskowce i zlepieńce;
 - formację magurską, wieku środkowego i górnego eocenu, w której wyróżniono:
 - a) ogniwo piaskowców z Piwnicznej – gruboławicowe piaskowce z wkładkami zlepieńców egzotykowych;
 - b) ogniwo łupków z Mniszka – piaskowce cienkoławicowe i łupki ilaste z wkładkami łupków pstrych i zlepieńców egzotykowych;
 - c) ogniwo piaskowców z Popradu – piaskowce gruboławicowe;
 - formację z Kremnej, wieku oligocen-wczesny miocen – piaskowce cienkoławicowe, łupki ilaste i margle.

SKŁADNIKI FAZY GAZOWEJ MOFETY I ICH POCHODZENIE

Najstarszą analizę ekshalacji dwutlenku węgla w Tyliczu wykonał w 1881 r. K.J. Krzyżanowski na próbce gazu pochodzącego z miejsca, gdzie eksploatowano borowinę (tab. 2), usytuowanego w pobliżu opisywanej mofety. Aktualnie przeprowadzona analiza stężenia składników fazy gazowej z mofety w Tyliczu pozwoliła ustalić, że składa się on głównie z CO₂ w ilości 94,98%. Wartość ta jest zbliżona do analizy wykonanej 130 lat temu. Jednocześnie wartości

Tab. 2. Skład gazów z mofet w Tyliczu i Złockiem [% objętościowe]
Table 2. Composition of gases from the mofettas in Tylicz and Złockie [vol. %]

Składnik Component	Mofeta Tylicz Tylicz mofetta	Rejon mofety Tylicz Tylicz mofetta area	Mofeta Złockie Złockie mofetta
	1	2	3
CO ₂	94,98	96,04	98,65–99,37
CH ₄ **	0,62	1,04	0,33–0,39
N ₂	3,87	n.a.	0,25–1,02*
O ₂	0,21	n.a.	0

Analizy według: 1 – L. Rajchel, 2012; 2 – K.J. Krzyżanowski, 1882; 3 – J. Chrzastowski, 1992.

*Także argon i inne gazy szlachetne.

**Także węglowodory inne niż CH₄.

n.a. – nie analizowano.

Sources of analyses: 1 – L. Rajchel, 2012; 2 – K.J. Krzyżanowski, 1882; 3 – J. Chrzastowski, 1992.

*Included: argon and other noble gases.

**Included hydrocarbons other than CH₄.

n.a. – not analyzed.

te są niższe od ilości CO₂ w mofecie ze Złockiego, wynoszącej 98,65–99,37% objętościowych. Podobną zawartość, według aktualnych danych, wykazuje w obu tych lokalizacjach CH₄, odpowiednio 0,62% w Tyliczu i 0,65% w Złockiem (tab. 2). Ilość wypływającego gazu z mofety w Tyliczu jest oceniana na kilkanaście tys. m³ na dobę i jest zbliżona do wydajności mofety w Złockiem.

Istnieją również w opisywanym rejonie podziemne zbiorniki CO₂. Jeden z nich odkryto w czasie wiercenia otworu Zuber II w Krynicy w 1938 r., gdzie doszło wówczas do wybuchu dwutlenku węgla nawierconego na głębokości 950 m, będącego pod ciśnieniem 8 MPa (Świdziński, 1965, 1972). W otworze tym stwierdzono również występowanie CO₂ w postaci płynnej poniżej głębokości 520 m. Podobny zbiornik CO₂ znajduje się prawdopodobnie w Złockiem na głębokości około 550 m, pod ciśnieniem 5,5 MPa, również częściowo w stanie płynnym, w temperaturze około 16°C (Bogacz i in., 1962).

Pochodzenia składników gazowych – a głównie CO₂ – mofety w Tyliczu, jak również w całym popradzkim subregionie wód mineralnych, było związane ze skorupą lub z procesem juwenilnego odgazowania górnego płaszcza Ziemi (Dowgiałło i in., 1975; Duliński, 2009). Przyjmuje się również, że jest on związany z procesami metamorfizmu wapieni znajdujących się w podłożu Karpat (Dowgiałło, 1978; Chrzastowski & Węclawik, 1992), a ostatnio ze strefą subdukcji krawędzi platformy północnoeuropejskiej pod orogen Karpat w miocenie (Rajchel, 2012). Strop podłoża orogenu Karpat w subregionie popradzkim znajduje się na głębokości kilkunastu kilometrów, a w rejonie Krynicy usytuowane jest jedno z jego lokalnych obniżeń, sięgających do 15 km p.p.m. (Ryłko & Tomasz, 1998). Powierzchnia podłoża wykazuje nachylenie na S i poprzecinana jest systemem głębokich do kilku kilometrów rowów tektonicznych, o przebiegu NW-SE, wypełnionych osadami molasowymi. Przecięta jest również szeregami uskoku zrutowo-przesuwowych o usytuowaniu N-S, z których jeden przebiega w rejonie Muszyny. Ekshalacje CO₂ mogą być również powiązane w tym subregionie z obecnością strefy kontaktu skorupy typu oceanicznego i konty-

entalnego (Bojdyś & Lemberger, 1986). Wiek wspomnianych dyslokacji podłoża orogenu Karpat określane jest na górny/środkowy miocen (Ryłko & Tomasz, 1998).

Jak wykazują przeprowadzone dotychczas badania izotopowe węgla i tlenu z CO₂ mofety w Tyliczu (Duliński i in., 2005) oraz w oparciu o analizę wody ze źródła Lisa wynika, że strefa kontaktu wspomnianej wody i gazu znajduje się w bezpośrednim sąsiedztwie źródła, a skład izotopowy węgla w gazowym CO₂ odpowiada składowi gazu docierającego do źródła Lisa. Zmierzona dla gazowego dwutlenku węgla w mofecie z Tylicza wartość $\delta^{13}\text{C}$, wynosząca $-1,05\text{‰}$ względem V-PDB, ma najwyższą wartość w całym rejonie doliny Popradu (Duliński i in., 2005).

OSADY WOKÓŁ MOFETY I ŹRÓDŁA LISA

Charakterystyczną cechą źródeł i innych wpływów szczaw karpaccich jest osad tlenowodorotlenków żelaza intensywnie żółto-rdzawej lub rdzawo-brunatnej barwy (Rzepa & Rajchel, 2006). Ten koloidalny, galaretowaty lub kłaczkowaty osad jest ochrą *in statu nascendi* opisywaną już z Karpat w XVI w. (Oczko, 1578); problematyką tą zajmował się także Zeuschner (1836). Osad ten został nazwany przez prof. Świdzińskiego „rudawką” (Świdziński, 1972). Genezą i składem mineralnym osadów, związanych z wodami mineralnymi, zajmowało się wielu badaczy (Hubicka-Ptańska i in., 1984; Kostecka & Węclawik, 1987; Kotlarczyk & Ratajczak, 2002; Rajchel & Rajchel, 1999, 2006a, b; Rajchel i in., 2005; Rzepa & Rajchel, 2006; Rajchel, 2012).

Największa ilość jaskrawo rdzawego osadu gromadzi się w mofecie w Tyliczu w miejscu najbardziej intensywnego wypływu gazu, w najwyższej na zboczu położonym kręgu wypełnionym wodą mineralną ze źródła Lisa i w jego otoczeniu (ryc. 3 – na str. 547). W okresie letnim osad ma większą miąższość, a jego barwy są zdecydowanie bardziej rudoczerwone. W stosunku do wspomnianej mofety w Złockiem, jest go, niezależnie od pory roku, znacznie mniej, gdyż woda ze źródła Lisa charakteryzuje się niższą zawartością jonów Ca⁺⁺ (188,1 mg/dm³) i Fe⁺⁺ (0,659 mg/dm³), niż to ma miejsce w źródle Zatopione zlokalizowanym na terenie mofety w Złockiem, gdzie wynosi odpowiednio Ca⁺⁺ (445,96 mg/dm³) i Fe⁺⁺ (16,943 mg/dm³). Ilość wytrącanego osadu uzależniona jest od zawartości tych właśnie składników (Rajchel i in., 1999).

Osad ten wytrąca się w abiotycznym procesie utleniania i hydrolizy oraz biotycznym, głównie w wyniku metabolizmu zasiedlających to środowisko mikroorganizmów – glonów i bakterii żelazistych. Wzajemny udział tych dwu możliwości wytrącania osadu uzależniony jest od wartości pH środowiska; jego wyższa wartość sprzyja dominacji biotycznej precypitacji (Schwertmann, 1984; Schwertmann & Fitzpatrick, 1992; Cornell & Schwertmann, 1996; Rajchel, 2012).

HISTORIA ZAGOSPODAROWANIA MOFETY

Opisywana mofeta znajduje się aktualnie na terenie prywatnego ośrodka wypoczynkowego „Domki w lesie”. Stanowiła ona uprzednio własność Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, a w latach 1962–1966 znajdowała się tu Stacja terenowa Zakładu Badań nad Algami Instytutu Zootechniki

Państwowego Instytutu Badawczego z Krakowa, kierowana przez dr. Borysa Hrycyka (Jankowski, 1965; Hrycyk, 1965, Świdziński & Węclawik, 1971). Prowadzono tu na skalę laboratoryjną, a następnie półtechniczną, hodowlę glonów *Chlorella* sp. i *Scenedesmus* sp. na paszę dla zwierząt domowych, a także prawdopodobnie w celu uzyskania pokarmu, będącego dodatkowym źródłem białka, witamin i składników mineralnych dla astronautów.

W celu pozyskania dwutlenku węgla do hodowli glonów wykonano 48 otworów badawczych średnicy 5 cm do maksymalnej głębokości 4,5 m, z których trzy dały wystarczającą ilość CO₂ dla celów produkcyjnych w ilości od 15 do 27 litrów CO₂/min, z czego dla celów hodowlanych wykorzystywano do 120 kg/dobę. Wodę słodką pozyskiwano z położonego powyżej mofety ujęcia nieistniejącego aktualnie źródła Klaudia o wydajności 3,26–5,45 l/min i stałej temperaturze 9°C. Dla celów hodowlanych była ona wzbogacana różnymi związkami mineralnymi oraz wodą mineralną ze źródła Lisa z dwu ujęć, określanymi jako A i B (Hrycyk, 1965; Jankowski, 1965).

Hodowla glonów odbywała się poniżej mofety, na sterasowanym sztucznie zboczach, od punktu o wysokości 624,1 do 562 m n.p.m. Przebiegała w umożliwiających fotosyntezę przezroczystych foliowych rękawach, których ogólna powierzchnia wynosiła prawie 3,5 tys. m². U podstawy zbocza znajdowały się betonowe baseny do gromadzenia wyprodukowanej biomasy o powierzchni około 300 m² oraz urządzenia do jej zagęszczania lub wysuszenia. Hodowla była prowadzona od maja do września, a wydajność suchej masy wynosiła w granicach 6–13 g/m²/dobę. Przeprowadzone badania wykazały wysoką zawartość białka ogólnego wynoszącą 45%, ale z niedoborem aminokwasów siarkowych, który uzupełniano dodatkiem metioniny (Korolewski, mat. niepubl.). Otrzymywany koncentrat testowany był na szczurach laboratoryjnych i zwierzętach gospodarczych. Cały projekt objęty był tajemnicą, a prace badawcze cenzurą.

Także obszar występowania mofet w rejonie Złockiego-Jastrzębika był badany w celu udokumentowania zasobów CO₂ i wód mineralnych w kategorii C₁ dla potrzeb przemysłu spożywczego (suchy „lód”, dogazowywanie wód mineralnych) i jako gaz leczniczy (kąpiele gazowe, tusz gazowy) (Bogacz i in., 1962). Opracowany projekt nie został jednak zrealizowany.

MOFETA Z TYLICZA JAKO ATRAKCJA TURYSTYCZNA

Dzięki staraniom członków Stowarzyszenia na Rzecz Rozwoju Tylicza oraz dzięki dotacji z Europejskiego Funduszu Spójności, mofeta z Tylicza została przystosowana do zwiedzania. Wspomniane wyżej betonowe kręgi, ujmujące wypływ wody mineralnej ze źródła Lisa i towarzyszącej jej ekshalacji CO₂, będące pozostałością porzuczonej i zapomnianej inwestycji, zostały w 2011 r. zrewitalizowane i wraz z ich otoczeniem przystosowane do zwiedzania. W miejscu tym została wykonana niezbędna infrastruktura, polegająca na wytyczeniu ścieżki doprowadzającej, ogrodzeniu terenu mofety, wybudowaniu altanki widokowej oraz na umieszczeniu tablic informacyjnych (ryc. 4). Wspomniane baseny do gromadzenia biomasy,



Ryc. 4. Jedna z informacyjnych tablic obok mofety w Tyliczu. Fot. J. Rajchel.

Fig. 4. One of the explanation boards near the mofetta in Tylicz. Photo J. Rajchel

usytuowane u podnóża stoku i aktualnie zarośnięte, mają być wykorzystane do innych celów.

To druga taka inicjatywa w tym rejonie po zrewitalizowaniu największej i najładniejszej mofety w Polsce w Złockiem koło Muszyny (Rajchel i in., 1999, 2007; Rajchel & Rajchel, 2000, 2006a, b). Mofeta ta znajduje się w dnie doliny potoku powyżej wsi Złockie na północ od Muszyny i posiada koordynaty geograficzne 49° 23' 18" N / 20° 54' 25" E. Została odkryta przez H. Świdzińskiego i L. Watychę w 1938 r. (Świdziński, 1939, 1965), a od 1998 r. stanowi Pomnik przyrody nieożywionej imienia Profesora Henryka Świdzińskiego. Została również wpisana na Europejską listę stanowisk geochrony (European Network of Geosites, National site accession number K 49) (Alexandrowicz, 1996; Alexandrowicz i in., 1998). W miejscu największego wypływu CO₂, w dnie potoku, znajduje się źródło Zatopione, udostępniające szczawę typu HCO₃-Ca + Fe + CO₂ o mineralizacji 2260 mg/dm³ i zawartości CO₂ 1761,8 mg/dm³, źródło Bulgotka i sucha ekshalacja CO₂ – Dy-chawka (Rajchel i in., 1999).

Opracowanie wykonano w ramach działalności statutowej w Katedrze Geologii Ogólnej i Geoturystyki nr 11.11.140.173 i w Katedrze Geologii Złożowej i Górniczej nr 11.11.140.021 Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

LITERATURA

- ALEXANDROWICZ Z. (red.) 1996 – Geochrona Beskidu Sądeckiego i Kotliny Sądeckiej. St. Naturae, 42: 1–148.
 ALEXANDROWICZ Z., POPRAWA D. & RĄCZKOWSKI W. 1998 – The regional network of geosites in the Polish Carpathians. Prz. Geol., 46: 775–781.
 BABINEC A.E., MARUS W.I. & KOJNOV I.M. 1978 – Mineralnyje i termalnyje wody sowieckich Karpat. Naukowa Dumka, Kijew: 1–158.
 BAČOVA N. 2009 – Význam grafickej analýzy hydrogeochemických dát pri interpretácii pôvodu minerálnych vôd flyšového pásma a pret-hlbne Západných Karpát. Mineralia Slovaca, 41: 225–242.
 BOGACZ K., CHRZĄSTOWSKI J. & WĘCLAWIK S. 1962 – Dokumentacja geologiczna złoża gazu CO₂ w rejonie wsi Złockie-Jastrzębik. Przedsiębiorstwo Państwowe Nowosądeckie Zakłady Spożywcze Przemysłu Terenowego, Grybów, pow. Nowy Sącz, s. 67.
 BOJDYS G. & LEMBERGER M. 1986 – Modelowania grawimetryczne jako metoda badania budowy litosfery na przykładzie Karpat. Zeszyty Naukowe AGH, 1073. Geologia, 33: 1–104.

- CHRZĄSTOWSKI J. 1992 – Muszyna-Złockie. Budowa geologiczna, wody mineralne i ekshalacje CO₂. [W:] Zuchiewicz W. (red.) & Oszczytko N. (red.) Przewodnik LXIII Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Koninki, 17–19 września 1992, Kraków: 131–134.
- CHRZĄSTOWSKI J. & OSTROWICKA H. 1979 – Budowa geologiczna i surowce balneologiczne regionu muszyńskiego. [W:] Sądcezyzna południowo-wschodnia, t. 2. Problemy gospodarki współczesnej. Prace historyczne UJ, 60:11–44.
- CHRZĄSTOWSKI J. & WĘCŁAWIK S. 1992 – Surowce balneologiczne z obszaru płaszczowiny magurskiej (Karpaty polskie). Prz. Geol., 40: 417–429.
- CIEŹKOWSKI W. (red.) 2002 – Występowanie, dokumentowanie i eksploatacja endogenicznego dwutlenku węgla w Polsce. Poradnik metodyczny. Wrocławskie Towarzystwo Naukowe, Wrocław, s. 221.
- CIEŹKOWSKI W., CISEK J., PORWISZ B. & ŻAK S. 1999 – Dwutlenek węgla w powietrzu glebowym na obszarze zlewni Muszynki w Beskidzie Sądeckim w świetle wstępnych badań. [W:] Krajewski S. & Sadurski A. (red.) Wsp. Probl. Hydrogeol., 9: 395–397.
- CORNELL R.M. & SCHWERTMANN U. 1996 – The iron oxides. Structure, properties, reactions, occurrence and uses. VCH, Weinheim: 1–573.
- DOWGIAŁŁO J. 1978 – Pochodzenie dwutlenku węgla w szczawach Karpat i Sudetów na obszarze Polski. Biul. Państw. Inst. Geol., 312: 191–216.
- DOWGIAŁŁO J., HAŁAS S., LIS J. & SZARAN J. 1975 – The isotopic composition of carbon in mineral waters of the Polish Flysch Carpathians. Bull. Acad. Pol. Sci., Sér. Sci. Terre, 23, 1: 9–18.
- DULIŃSKI M. 2009 – Termodynamiczny i izotopowy model wydobywania dwutlenku węgla w warunkach eksploatacji okresowej odwiertu Zuber I w Krynicy Zdroju. Wydawnictwo JAK, Kraków, s. 135.
- DULIŃSKI M., RAJCHEL L. & RAJCHEL J. 2005 – Chemiczne i izotopowe badania ekshalacji tylickiej. Wsp. Probl. Hydrogeol., 12: 189–196.
- GADOMSKI A. 1934 – Z fizjografii dorzecza Popradu. Wiad. Służby Geogr., 8: 37–64.
- GRADZIŃSKI M., CZOP M., DULIŃSKI M., GAŚSIOROWSKI M., GRABOWSKI J., HERMAN H., HOLUBEK P., KOVÁČOVA M., MOTYKA K., MROZIŃSKA T., PAWLAK J., SMOSNA P., SOBIEN K. & STWORZEWICZ E. 2009 – Trawertyny wokół Tatr. [W:] Uchman A. & Chowanec J. (red.) LXXIX Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Bukowina Tatrzańska, 27–30 września 2009 r. Budowa geologiczna Tatr i Podhala ze szczególnym uwzględnieniem zjawisk geotermalnych na Podhalu. Sesja Terenowa A6. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa: 134–144.
- HRYCYK B. 1965 – Oborudowanie dla masowo-kulturowania wodorosli pod odkrytym niebem. Izuczenie intensywnej kultury wodorosli. Dokłady III koordynacyjno-sowieszczenia po problemie 9.9 naučno-techniczekowo-sotrudnicestwa SEW. Praga: 88–105.
- HUBICKA-PTASIŃSKA M., RATAJCZAK T. & WĘCŁAWIK S. 1984 – Ochry ze źródeł wód mineralnych w dorzeczu Popradu (polskie Karpaty fliszowe). Geologia, 10: 55–87.
- JANKOWSKI A. 1965 – Kaczezwstwiennajna charakteristika wyselekcjonowanych sztamow wodorosli. Dokłady III koordynacyjno-sowieszczenia po problemie 9.9 naučno-techniczekowo-sotrudnicestwa SEW. Praga: 232–238.
- KOSTECKA A. & WĘCŁAWIK S. 1987 – Mineral water deposits in vicinity of Tylicz (Beskid Niski Range, Polish Flysch Carpathians). Annales Soc. Geol. Pol., 57: 37–58.
- KOTLARCZYK J. & RATAJCZAK T. 2002 – Ochra karpacka z Czerwoniek Hermanowskich koło Tyczyna. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, s. 120.
- KRZYŻANOWSKI K.J. 1882 – Rozbiór chemiczny borowiny i wody dwu źródeł z okolicy Tylicza. Spraw. Komis. Fizjogr. AU, Kraków, 16, cz. II: 255–270.
- KSIAŹKIEWICZ M. 1972 – Geologia dynamiczna. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, s. 778.
- LOŹEK V. 1964 – Genéza a vek spišských travertínov. Zborník Východoslovenského múzea v Košiciach, sér. A, Prírodné vedy, 5A: 7–33.
- OCZKO W. 1578 – Cieplice. [W:] Przymiot i Cieplice, opatrzone życiorysem i oceną stanowiska nauk. W. Oczki przez E. Klinka. Tow. Nauk. Warsz., 1881: 196–314.
- OSZCZYPKO N. 1992 – Rozwój basenu magurskiego w górnej kredzie i paleogenie. Prz. Geol., 40: 397–404.
- OSZCZYPKO N. & OSZCZYPKO-CLOWES M. 2010 – Budowa geologiczna okolic Krynicy-Zdroju i Muszyny (SE część Beskidu Sądeckiego, zewnętrzne Karpaty zachodnie). Przedsiębiorstwo Badań Geologicznych „Geoprofil” Sp. z o.o., Kraków.
- RAJCHEL J., CHRZĄSTOWSKI J. & RAJCHEL L. 1999 – Mofeta ze Złockiego k. Muszyny w jednostce magurskiej zewnętrznych Karpat fliszowych. Prz. Geol., 47: 657–665.
- RAJCHEL L. 2012 – Szczawy i wody kwasowęglowe Karpat polskich. Wydawnictwa Naukowe AGH, Kraków: 1–194.
- RAJCHEL L., DULIŃSKI M. & RAJCHEL J. 2007 – Ziemia Muszyńska – dziedzictwo epok geologicznych. Współczesne Problemy Hydrogeologii, Kraków-Krynica 21–23 czerwca 2007, Wyd. ROMA-POL., XIII, cz. 4: 7–41.
- RAJCHEL L. & RAJCHEL J. 1999 – Karpackie źródła wód mineralnych i swoistych pomnikami przyrody nieożywionej. Prz. Geol., 47: 911–919.
- RAJCHEL L. & RAJCHEL J. 2000 – Mofeta i źródła szczaw w okolicy Muszyny. Almanach Muszyny, 10: 89–96.
- RAJCHEL L. & RAJCHEL J. 2006a – Mofeta ze Złockiego (Beskid Sądecki) atrakcją geologiczną. Prz. Geol., 54: 1089–1092, 1107.
- RAJCHEL L. & RAJCHEL J. 2006b – Ocalaona Mofeta. Almanach Muszyny, 16: 85–87.
- RAJCHEL L., RAJCHEL J., RATAJCZAK T. & RZEPA G. 2005 – Deposits of carbonated waters from selected springs of the Polish Carpathians. RMZ Materials and Geoenvironment. Periodical for Mining, Metallurgy and Geology, 52: 107–110.
- RYŁKO W. & TOMAS A. 1998 – Tectonics of the consolidated basement of the Polish Carpathians. Prz. Geol., 46: 758–762.
- RZEPA G. & RAJCHEL L. 2006 – Skład mineralny osadów wód karpackich typu szczaw. Gosp. Sur. Miner., 22: 215–225.
- SCHWERTMANN U. 1984 – Aluminium substitution in pedogenen Eisenoxiden – eine Übersicht. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, 147: 385–399.
- SCHWERTMANN U. & FITZPATRICK R.W. 1992 – Iron minerals in surface environments. [W:] Skinner H.C.W., Fitzpatrick R.W. (red.) Biomineralization processes of iron and manganese. Modern and ancient environments. Catena, Supplement 21: 7–30.
- ŚWIDZIŃSKI H. 1939 – Zarys geologii okolicy Krynicy i Muszyny. Biul. Państw. Inst. Geol., 18: 88–89.
- ŚWIDZIŃSKI H. 1965 – Naturalne ekshalacje dwutlenku węgla w Karpatach polskich. Rocznik Pol. Tow. Geol., 34: 417–430.
- ŚWIDZIŃSKI H. 1972 – Geologia i wody mineralne Krynicy. Pr. Geol. PAN, 70: 11–105.
- ŚWIDZIŃSKI H. & WĘCŁAWIK S. 1971 – Wody mineralne rejonu Tylicza na tle budowy geologicznej. Zeszyty Nauk. AGH, 309, Geologia, 15: 45–68.
- ZEUSCHNER L. 1836 – O wodach kwaśnych czyli szczawach w Karpatach. Pam. Farmaceut., III, Kraków.

Praca wpłynęła do redakcji 9.07.2012 r.
Po recenzji akceptowano do druku 28.11.2012 r.

Mofeta z Tylicza w płaszczynie magurskiej Karpat zewnętrznych (patrz str. 541)
Mofetta from Tylicz in the Magura Nappe of the Outer Carpathians (see p. 541)



Ryc. 2. Mofeta w Tyliczu i wypływ wody mineralnej ze źródła Lisa ujęte w betonowe kęgi
Fig. 2. The mofette in Tylicz and the outflow of mineral water from the Lis spring (uptake made of concrete rings)



Ryc. 3. Wypływy CO₂ z mofety w Tyliczu i wody mineralnej ze źródła Lisa z obfitym galeretowatym, rdzawym osadem tlenowodorotlenków żelaza. Obie fot. J. Rajchel
Fig. 3. Outflows of CO₂ from the mofette in Tylicz and of the mineral water from the Lis spring with abundant gelatinous, rusty-colored precipitates of Fe oxyhydroxides. Both photos by J. Rajchel