

Tadeusz Ratajczak, Grzegorz Rzepa

LOKALNE KOPALINY MINERALNE A MOŻLIWOŚCI ICH WYKORZYSTANIA W OCHRONIE ŚRODOWISKA (NA PRZYKŁADZIE MAZURSKICH RUD DARNIOWYCH)

Streszczenie. Rudy darniowe należą do zapomnianych kopaliny zalegających na terenie Warmii i Mazur. W czasach historycznych były eksploatowane i stanowiły podstawę lokalnego przemysłu hutniczego. Ze względów ekonomicznych przestano je wykorzystywać. Wykazane w późniejszym czasie ich właściwości, wynikające z ich składu mineralnego i chemicznego pozwoliły traktować je jako sorbenty mineralne. W tej sytuacji obecność tych kopaliny na terenie Warmii i Mazur może zostać spożytkowana praktycznie. Jako kopaliny lokalne mogą zostać wykorzystane w charakterze naturalnych sorbentów.

Słowa kluczowe: Warmia i Mazury, rudy darniowe, sorbenty mineralne, biogaz, sorpcja, odsiarczanie.

Pracę wykonano w ramach działalności statutowej AGH (nr 11.11.140.158)

RUDY DARNIOWE WARMII I MAZUR – RYS HISTORYCZNY

Geologia a także górnictwo i hutnictwo Warmii, Mazur i Suwalszczyzny od dawien dawna były związane z obecnością na tych terenach czwartorzędowych rud żelaza. Wyróżnia się wśród nich odmiany darniowe, bagienne, jeziorne, rzeczne, wiwianitowe. Zróżnicowanie to stanowi efekt zmiennych warunków ich powstawania, przebiegu procesów wytrącania połączeń żelaza czy charakteru procesów litologicznych zachodzących w zbiornikach sedymentacyjnych. Najpospolitsze z nich są rudy darniowe. Dzielią się one na miałkie i kawałkowe. Według Bolewskiego i Maneckiego [2] „...ruda darniowa zwana też łąkową to limonit porowaty lub też luźna, sypka masa barwy brunatnej miejscami przechodząca w czerwoną. Powstaje wskutek procesów biochemicznych i oksydacyjnych rozwijających się na podmokłych łąkach umiarkowanej strefy klimatycznej...”.

Warunki geologiczne, geomorfologiczne oraz hydrograficzne i hydrogeologiczne sprawiły, że Warmia i Mazury stanowią część Polski szczególnie predysponowaną do powstawania nagromadzeń rud darniowych. Rzeźba powierzchni terenu sprzyjająca ich obecności jest tutaj dziełem ostatniego zlodowacenia. Krajobraz ten cechuje się młodością form polodowcowych.

Tadeusz RATAJCZAK, Grzegorz RZEPA – Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Kraków, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Mineralogii, Petrografii i Geochemii; e-mail: trataj@agh.edu.pl

Dowodem tego jest duża ilość jezior, liczne rzeki, rzeczki, strumyki. Charakterystyczne dla Pojezierza Mazurskiego są długie pasma wzniesień zwane morenami. Porastają je lasy, którym towarzyszą torfowiska i bagna wypełniające dna dolin polodowcowych.

Informacje na temat mazurskich rud darniowych można znaleźć zarówno w pracach autorów polskich jak i niemieckich. Zagadnieniami tymi zajmowała się m.in. Sukertowa-Biedrawina [15]. Omawia ona obecność tych kopalin na terenie Mazur od czasów historycznych aż po lata II wojny światowej. Próba monograficznego ujęcia tej problematyki ma miejsce w pracy zbiorowej „Surowce mineralne województwa olsztyńskiego” [4]. Występowania i wydobywania rud darniowych, a także hutnictwa na terenie Mazur dotyczą prace Pawlickiego [6]. Zagadnień związanych z mazurskimi rudami darniowymi nie pominięto w opracowaniu monograficznym dotyczącym polskich rud darniowych autorstwa Ratajczaka i Skoczylasa [8]. Największe znaczenie z prac niemieckich zdaje się posiadać opracowanie F. Magera [5].

Istniejące ślady i przekazy z terenu Warmii i Mazur wskazują, że rudy darniowe były tutaj znane od czasów wczesnego średniowiecza. Ich wykorzystanie miało głównie charakter hutniczy. Nie gardził nimi zakon Krzyżacki. Najstarszy piec – dymarkę do przetapiania rudy pobudowano najprawdopodobniej w Koniuszynie koło Niedzicy w 1372 roku. Intensyfikacja prac poszukiwawczych za rudami darniowymi na Mazurach nastąpiła na przełomie XVIII i XIX wieku. W 1803 roku w miejscowości Wądołek koło Pisz powstała największa na Mazurach huta przetapiająca rudy darniowe. W latach 1935-37 prace prospekcyjne za tymi kopalinami prowadziła w dość szerokim zakresie Rzesza Niemiecka.

KIERUNKI WYKORZYSTANIA RUD DARNIOWYCH

W długiej sięgającej VII wieku p.n.e. historii dotyczącej rud darniowych a zwłaszcza ich praktycznego wykorzystania można wyróżnić kilka etapów czy kierunków. Pierwotnie stanowiły one przedmiot zainteresowania metalurgii żelaza. W takim charakterze były wykorzystywane nie tylko w Polsce, ale i w wielu krajach Europy. Nasz kraj m.in. z racji funkcjonowania dobrze zorganizowanych ośrodków starożytnego hutnictwa, jak np. mazowieckiego, był uważany w przeszłości za centrum europejskiego hutnictwa opartego na rudach darniowych. W takim charakterze, chociaż już w dużo mniejszej skali były one stosowane jeszcze w XX wieku. Nowe możliwości wykorzystania tych rud przez czarną metalurgię pojawiły się w Polsce po II wojnie światowej. Były one związane z tomasowskim procesem otrzymywania stali. Planowano, że polskie hutnictwo na użytek tego procesu będzie wykorzystywało fosforowe odmiany rud darniowych.

Od zamierzczłych czasów miało miejsce zainteresowanie rudami darniowymi w celach budowlanych. Ich odmiany kawałkowe odznaczają się niektórymi własnościami fizycznymi takimi jak twardość, wytrzymałość mechaniczna, odporność na działanie czynników atmosferycznych uzasadniającymi takie wykorzystanie. Przykłady budowlanego zastosowania kawałkowych odmian rud darniowych w Polsce sięgają czasów początków naszej państwowości. Są znane

niemal z całego terenu kraju. Liczne obiekty z nich zbudowane dość często można spotkać na Ziemi Lubuskiej, Opolszczyźnie, w dolinach Baryczy i Prosnicy.

Poczynając od końca XI wieku zaczęto rudy darniowe stosować jako surowiec – sorbent zdolny do oczyszczania gazów z połączeń siarki, głównie H_2S . W takich celach wykorzystywano je w Polsce aż po lata dziewięćdziesiąte XX wieku. Stanowiło to zupełną zmianę orientacji w zakresie kierunków utylizacji rud. Stało się też początkiem całkowicie innych możliwości ich praktycznego wykorzystania. Nastąpiło to w momencie, w którym zdawało się panować przekonanie, że rudy darniowe nie mają żadnego znaczenia praktycznego, że dobiegła końca ich historia i znaczenie oraz rola w historii materialnej.

Dość szybko miało się okazać, że ten nowy kierunek wykorzystania rud darniowych stał się nie tylko aktualny, ale nabierał coraz większego znaczenia. A wynikało to stąd, że pod koniec XX wieku jednym z podstawowych wyzwań świata cywilizacyjnego zaczęły stawać się zagadnienia dotyczące ochrony środowiska. Są one skomplikowane, wielowątkowe i dotyczą licznych problemów. Jednym z nich są problemy dotyczące ograniczenia lub likwidacji powstających w coraz większych ilościach odpadów. One to zazwyczaj bywają źródłem zanieczyszczenia środowiska naturalnego. Ich charakter i własności powodują, że składowane na hałdach oraz wysypiskach stały się swoistym reaktorem chemicznym, w którym z dużą intensywnością zachodzą procesy biodegradacji składników. Wskutek tego powstają gazowe i ciekłe produkty ich rozkładu, zazwyczaj niezwykle uciążliwe dla środowiska. Ochrona powietrzna i wód gruntowych przed ich oddziaływaniem stała się jednym z najistotniejszych problemów.

Odpady gromadzone na składowiskach stanowią mieszaninę materiałów organicznych i nieorganicznych. W przypadku zapewnienia odpowiednich warunków składowania tworzy się z nich biogaz. Może on powstawać zarówno w przypadku składowisk komunalnych jak i w procesach fermentacji odpadów pochodzących z przemysłu rolniczego związanych z oczyszczaniem ścieków komunalnych.

Biogaz powstaje w wyniku beztlenowej fermentacji biomasy, czyli substancji organicznej pochodzenia roślinnego i zwierzęcego. Biomasa występuje zwykle w formie drewna, słomy, osadów ściekowych bądź pod postacią makulatury. Wśród odpadów pochodzenia zwierzęcego należy wymienić odchody zwierzęce (gnojownice) oraz szczątki zwierzęce.

Skład chemiczny biogazu jest zmienny. Najistotniejszym jego składnikiem z punktu widzenia użytkowego jest metan (tab. 1). Potrzeba i sens wykorzystania go w celach energetycznych wymusza konieczność uzdatniania. Najważniejszym procesem służącym temu jest odsiarczanie, czyli pozbycie się siarkowodoru. Jego obecność nie tylko obniża własności energetyczne biogazu, ale intensywnie niszczy elementy agregatów prądowórczych czy palników kotłów.

Rozmaite systemy odsiarczające służą do polepszenia jakości biogazu i eliminacji składników szkodliwych. Odbywa się to drogą sorbowania. Służą temu odpowiednie sorbenty stanowiące elementy odsiarczalników. W związku z tym pojawił się problem znalezienia taniego, łatwo dostępnego, efektywnego i najlepiej

krajowego sorbentu. I wówczas uwagę wytwórców urządzeń służących oczyszczaniu biogazu i ich użytkowników skierowała się w stronę rud darniowych. Z powodzeniem w takim charakterze zaczęły je stosować firmy wytwarzające biogaz jak i produkujące urządzenia służące jego praktycznemu wykorzystaniu. Okazało się, że rudy darniowe z uwagi na swój specyficzny skład mineralno-chemiczny i właściwości są w stanie odegrać rolę efektywnego, taniego sorbentu eliminującego czy neutralizującego te zanieczyszczenia.

Tabela 1. Skład chemiczny biogazu produkowanego na składowiskach odpadów komunalnych oraz pochodzenia rolniczego [B.Kłojzy-Karczmarczyk, J.Mazurek 2004]

Table 1. Chemical composition of biogas emitted from landfills of communal and agriculture-derived wastes (after B. Kłojzy-Karczmarczyk and J.Mazurek, 2004)

Składnik Component	Typ odpadów i zawartość	
	Odpady komunalne Municipal wastes	Odpady pochodzenia rolniczego Agricultural wastes
metan (% obj.) methane (vol. %)	15,4 – 65,8	52 – 85
dwutlenek węgla (% obj.) carbon dioxide (vol. %)	7,6 – 33,6	14 – 35
tlenek węgla (% obj.) carbon monoxide (vol. %)	0,001 – 3	0 – 2,1
wodór (% obj.) hydrogen (vol. %)	0 – 15,6	0 – 5
tlen (% obj.) oxygen (vol. %)	0 – 31	0 – 1
azot (% obj.) nitrogen (vol. %)	0 – 82,5	0,6 – 7,5
amoniak (ppm obj.) ammonia (vol. ppm)	0 – 280	
siarkowodór (ppm) (% obj.)	0 – 50 0 – 0,005	800 – 55 000 0,0 – 5,5

Możliwość aplikacji rud darniowych została spotęgowana problematyką toksykacji powietrza atmosferycznego. Skutki działalności różnych technologii przemysłowych powodują pojawienie się substancji gazowych i lotnych zarówno nieorganicznych jak i organicznych. Wiele z nich jest związane z odpadami. Ale stanowią one również efekt działalności różnorodnych zakładów przemysłu spożywczego a nawet gastronomii. Ograniczenie tych emisji rozumianych jako uciążliwość zapachowa wymaga stosowania także odpowiednich sorbentów. Problem jest na tyle ważki, że wymaga postanowień legislacyjnych.

Analizując zagadnienia dezodoryzacji należy wspomnieć o tym, że rudy darniowe są w stanie zastępować biokompozyty stosowane w przypadku składowisk komunalnych czy ferm hodowlanych.

Z myślą o wykorzystaniu rud darniowych w charakterze sorbentów oczyszczających gazy naturalne i przemysłowe były prowadzone prace prospekcyjne w latach 1966-68. Jeszcze wyraźniej ten cel został wyeksponowany w przypadku zainteresowania się kopalnią, które miało miejsce w latach 1996-98.

Dotyczył on „Oceny przydatności rud darniowych jako naturalnych sorbentów związków toksycznych w technologiach ochrony środowiska” [7].

RUDY DARNIOWE JAKO SORBENTY MINERALNE

O możliwościach wykorzystania kopalin w charakterze sorbentów mineralnych decydują następujące ich cechy:

- skład chemiczny i mineralny
- uziarnienie
- własności fizykochemiczne m.in. powierzchnia właściwa czy porowatość.

Obydwie odmiany rud darniowych – mialka (sypka) czy kawałkowa (scementowana) charakteryzuje różnicowanie cech strukturalno-teksturalnych a także zmienność składu chemicznego i mineralnego.

Odmiany mialki są skrytokrystaliczne. Charakterystyczne są dla nich struktury organodetrytyczne. W kawałkowych pospolita jest struktura detrytyczna, objawiająca się występowaniem makroskopowo dostrzegalnych okruców kwarcu zlepionych kryptokrystalicznym spoiwem żelazistym. Tekstura jest porowata. Rozmiary i kształt porów zmieniają się w bardzo szerokim zakresie.

Na charakter uziarnienia rud darniowych wpływają zarówno składniki allo- jak i autogeniczne. Ich właściwości sorpcyjne wydają się jednak wynikać z obecności w nich drobnokrystalicznych składników autogenicznych. Pojedyncze kryształity minerałów żelaza rzadko osiągają wielkość rzędu mikrometrów. Zwykle ich rozmiary mieszczą się w zakresie kilku do kilkudziesięciu nanometrów.

Najważniejszymi składnikami chemicznymi rud darniowych są Fe_2O_3 i SiO_2 . W ilościach do kilkunastu procent występują P_2O_5 i MnO_2 . Pozostałe tlenki obecne są w ilościach co najwyżej kilkuprocentowych, nie przekraczających 2-3% wag. Są to Al_2O_3 , CaO , MgO . W pojedynczych przypadkach istotniejszą rolę może odgrywać FeO (do niemal 20% wag.). Istnieje pewne różnicowanie składu chemicznego pomiędzy głównymi odmianami rud. Jest to szczególnie widoczne w przypadku zawartości dwóch głównych chemicznych komponentów – żelaza i krzemionki. Koncentracje tych składników są ze sobą ujemnie skorelowane. Zmienna jest też koncentracja węgla całkowitego. W odmianach mialkich jest go niemal pięciokrotnie więcej.

W składzie fazowym rud darniowych najistotniejsza z punktu widzenia właściwości sorpcyjnych jest obecność minerałów autogenicznych i ich proporcja ilościowa do materiału okrucowego. Dominują wśród nich tlenowodorotlenki, wodorotlenki i tlenki żelaza, ale pojawiają się też tlenki i wodorotlenki Mn, fosforany, węglany a sporadycznie również siarczany, szczawiany i autogeniczna krzemionka. Ważnym składnikiem jest ponadto substancja organiczna. Pośród skrytokrystalicznych tlenków żelaza wyróżnić można ferrihydryt, goethyt i lepidokrokit. Hematyt stwierdzany jest tylko wyjątkowo.

Największe znaczenie w kontekście wykazywanych przez rudy darniowe właściwości sorpcyjnych wydają się mieć składniki autogeniczne – tlenowodorotlenki i wodorotlenki żelaza a w dalszej kolejności także połączenia fazowe Mn oraz substancja organiczna.

Do najważniejszych właściwości fizykochemicznych rud darniowych wpływających na zdolność wiązania różnych mediów należy powierzchnia właściwa i porowatość. Wielkość powierzchni właściwej odmian rud może się zmieniać w szerokich granicach (tab. 2). Obejmują one zakres od około 30 do 240 m²/g [8, 11]. Drugim istotnym parametrem jest porowatość. Największe znaczenie dla procesów adsorpcyjnych ma rozkład wielkości porów. Ich promienie w rudach darniowych wahają się pomiędzy 5 a 25 Å. Są one liczniejsze w odmianach posiadających większe powierzchnie właściwe.

Rudy darniowe charakteryzują się zróżnicowanymi pojemnościami wymiany kationów (CEC). Ich wielkości wahają się od kilku do ponad 50 mval/100 g. Pojemność wymiany anionów jest niższa niż CEC i nie przekracza wartości kilku mval/100 g.

Tabela 2. Zmienność wielkości powierzchni właściwej (BET), porowatości i pojemności wymiany kationów (CEC) w rudach darniowych [12]

Table 2. Variability of specific surface (BET), porosity and cation exchange capacity (CEC) of bog iron ores [12]

Parametr Parameter	Wartość Value
BET (m ² /g)	33,9 – 241,8
CEC (mval/100 g)	7,2 – 57,2
mikropory (Å) micropores	4,12 – 25,0

Na podstawie wyników badań stwierdzono, że rudy darniowe bardzo dobrze sorbują metale, w tym metale ciężkie z roztworów wodnych. Dotyczy to m.in. Cr (III), Cr (VI), Cu (II), Pb (II), Zn (II), Hg (II). Ołów wiążą one w ilościach 200–250 mmol/kg, cynk i miedź w podobnych – do około 400 mmol/kg, chrom nawet do 1500 mmol/kg, a rtęć co najmniej 12 mmol/kg. Chrom(VI) występujący w roztworach w postaci anionowej (CrO₄)²⁻ jest przez rudy sorbowany w ilościach niemal 200 mmol/kg.

Efektywność sorpcji określająca procentowy udział związanego metalu w stosunku do wyjściowej koncentracji w roztworze jest dla większości wymienionych metali praktycznie stuprocentowa przy stężeniach dochodzących do 200 mg/dm³, a w przypadku ołowiu nawet przy wyższych, przekraczających 1000 mg/dm³. W bardziej stężonych roztworach efektywność stopniowo maleje osiągając przy 7000 mg/dm³ wartość nawet do około 30%. Cr(VI) jest natomiast wiązany w ilości od kilkunastu do ponad 50% przy początkowej zawartości w roztworze wynoszącej 360 mg/dm³ [1, 12, 13].

Charakter zachodzących zjawisk sorpcyjnych jest skomplikowany, ale dominują wśród nich procesy chemisorpcji. Przebiegają one stosunkowo szybko i są w znacznej mierze nieodwracalne, co oznacza, że metale te na trwale związane są z powierzchnią sorbentu.

STAN AKTUALNY PROBLEMATYKI RUD DARNIOWYCH NA MAZURACH

W latach po II wojnie światowej Instytut Geologiczny oraz branżowe, wyspecjalizowane Przedsiębiorstwa Kopalń Rud Darniowych wymieniały Mazury wśród terenów o największych koncentracjach nagromadzeń rud oraz najbardziej perspektywicznych w kontekście potencjalnych nowych złóż. Przeprowadzono wówczas prace rejestracyjne oraz na niedużą skalę poszukiwania nowych wystąpień.

W 1966 roku Centralny Urząd Geologii opracował kompleksowy projekt systematycznych prac geologiczno-poszukiwawczych dotyczących rud darniowych. Potrzeba zakrojonych na tak szeroką skalę działań wynikała m.in. z faktu, że rudy darniowe prawie w całości pokrywały potrzeby krajowego gazownictwa i koksownictwa. W województwie olsztyńskim obecność nagromadzeń rud darniowych wykazano przede wszystkim na terenie wielkiego sandru mazursko-kurpiowskiego, w dorzeczu środkowej Narwi, dolinach Omulewu i Rozogi. Rejestracje wystąpień rozpoczęto w maju 1966 roku [14]. Efekty realizowanych prac były następujące:

- liczba przebadanych obiektów: 111,
- liczba systematycznie przebadanych nagromadzeń: 12,
- liczba wystąpień z zasobami o charakterze bilansowym, rokującym nadzieje na eksploatację: 39.

Najbardziej intensywny charakter prace te miały na terenach powiatów: Nidzica, Ostróda, Pisz, Węgorzewo. Na terenie powiatu piskiego prace poszukiwawcze przeprowadzono na terenach następujących gmin:

- Pisz – miejscowość Jagodno,
- Biała – miejscowość Kruszywo,
- Różańsk – miejscowość Dmusy.

Występowanie rud darniowych wykazano także w Turośli, Kumielsku, Snopkach. Przedmiot penetracji stanowiły też okolice miejscowości Ciesina. Obszar ten obejmował łąki zwane waryńskimi. W okolicach Kumielska na rudy darniowe natrafiono nad Jankową Strugą i Guzianką. W położonych w pobliżu Snopkach obszar poszukiwań obejmował Snopkowskie Bagna [10].

W wyniku prac geologiczno-poszukiwawczych udokumentowano zasoby rud darniowych w czterech obiektach: Długi Borek, Lipowa Góra, Prusowy Borek, Wawrochy.

Z kolei celem kolejnych badań realizowanych na terenie Warmii i Mazur w latach 1996-99 było wykazanie składu chemicznego, mineralnego i ustalenie własności sorpcyjnych rudy w czterech wymienionych wyżej nagromadzeniach.

Skład chemiczny rud darniowych z tych wystąpień jest dość zróżnicowany (tab. 3). Dotyczy to zwłaszcza obecności SiO_2 a w ślad za tym (z racji ujemnej korelacji) także Fe_2O_3 .

Tabela 4 przedstawia wyniki badań dotyczące oznaczenia wartości powierzchni i właściwej. Należy je uznać za pozytywne i rokujące wykorzystanie kopaliny z tych nagromadzeń w charakterze sorbentów mineralnych.

Tabela 3. Skład chemiczny rud darniowych z niektórych nagromadzeń Mazur [8]

Table 3. Chemical composition of some bog iron ores from Mazury [8]

Składnik Component	Nagromadzenie i zawartość (% wag.) Name of the deposit and content (wt.%)		
	Długi Borek	Prusowy Borek	
SiO ₂	21,36	2,80	7,72
TiO ₂	0,12	0,01	0,02
Al ₂ O ₃	1,90	0,23	0,41
Fe ₂ O ₃	35,07	50,45	51,45
CaO	3,27	2,14	2,67
MgO	0,22	0,12	0,08
MnO	0,23	0,19	0,18
K ₂ O	0,29	0,03	0,08
Na ₂ O	0,13	0,02	0,04
P ₂ O ₅	8,39	8,00	2,37
straty prażenia loss on ignition	28,71	35,71	24,72

Tabela 4. Wartości powierzchni właściwej rud darniowych z niektórych nagromadzeń na terenie Warmii i Mazur [7]

Table 4. Specific surface of some bog iron ores from Warmia and Mazury [7]

Nazwa nagromadzenia Name of the deposit	Wartość (m ² /g) Value
Długi Borek	67,75
Lipowa Góra	112,02
Prusowy Borek	51,61
Wawrochy	108,34

WNIOSKI

1. Rudy darniowe Warmii i mazur zdają się pozostawać interesującą a przy tym tanią i stosunkowo łatwą do pozyskiwania kopaliną – sorbentem mineralnym. Uzasadniają to ich właściwości sorpcyjne wykazywane zarówno w stosunku do połączeń siarki jak i metali ciężkich.
2. Możliwości wykorzystania rud darniowych w charakterze sorbentów wynikają także z ich geologiczno-górnicznych warunków zalegania i zasobów.
3. Aktualna ocena stanu zachowania nagromadzeń rud darniowych oraz szans ich ewentualnego wykorzystania winna uwzględnić aktualny stan zachowania i zagospodarowania terenów złożowych.

PIŚMIENNICTWO

1. Bajda T., Kłojzy-Karczmarczyk B., Rzepa G., Fijał J., Mazurek J. 2004. Sorpcja Cu(II), Zn(II) i Hg(II) na naturalnych i modyfikowanych rudach darniowych. Gospodarka Surowcami Mineralnymi tom 20, Zeszyt Specjalny 2: 83-98.
2. Bolewski A., Manecki A. 1993. Mineralogia szczegółowa. Wydawnictwo Polskiej Agencji Ekologicznej, Warszawa.

3. Kłojzy-Karczmarczyk B., Mazurek J. 2004. Charakterystyka fizykochemiczna biogazu oraz ścieków powstających w wybranych sektorach gospodarki. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi* 20, Zeszyt Specjalny 2: 29-46.
4. Kozłowski S. (red.) 1978. Surowce mineralne województwa olsztyńskiego. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.
5. Mager F. 1960. Der wald Altpreussen als wirtschafstaum. II Band. Böhlau Verlag Köln Graz.
6. Pawlicki R.M. 1994. Hutnictwo na Mazurach. *Poznaj Swój Kraj* 5.
7. Ratajczak T. (red.) 2004. Ocena przydatności rud darniowych jako naturalnych sorbentów związków toksycznych w technologiach ochrony środowiska. *Maszynopis. Archiwum Katedry Mineralogii, Petrografii i Geochemii AGH, Kraków.*
8. Ratajczak T., Skoczyła J. 1999: *Polskie darniowe rudy żelaza.* Wydawnictwo Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków.
9. Ratajczak T., Rzepa G. 2000: *Górnictwo i hutnictwo rud darniowych na Mazurach i Ziemi Piskiej.* *Znad Pisy* 9: 192-207.
10. Ratajczak T., Rzepa G. 2004. Skład mineralny rud darniowych a ich właściwości sorpcyjne. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi* 20, Zeszyt Specjalny 2: 61-74.
11. Rzepa G. 2003. Skład fazowy, chemiczny i właściwości fizykochemiczne rud darniowych w aspekcie ich wykorzystania jako sorbentów mineralnych. *Praca doktorska. Archiwum Katedry Mineralogii, Petrografii i Geochemii AGH. Kraków.*
12. Rzepa G., Bajda T., Ratajczak T. 2004. Właściwości sorpcyjne rud darniowych – dotychczasowy stan badań. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi* 20, Zeszyt Specjalny 2: 47-60.
13. Rzepa G., Bajda T., Ratajczak T. 2009. Utilization of bog iron ores as sorbents of heavy metals. *Journal of Hazardous Materials* 162: 1007-1013.
14. Solczak E. 1966. *Opracowanie geologiczne złóż rud darniowych występujących na terenie województwa olsztyńskiego.* Archiwum Przedsiębiorstwa Geologicznego w Kielcach.
15. Sukertowa-Biedrawina E. 1950. Bogactwa naturalne ziemi warmińsko-mazurskiej. *Ziemia* 41(604/605): 198-203.

LOCAL MINERAL COMMODITIES AND THEIR POTENTIAL IN ENVIRONMENTAL PROTECTION: AN EXAMPLE OF THE MAZURY BOG IRON ORES

Abstract. Bog iron ores represent a forgotten or, virtually unknown mineral raw material in the Warmia and Mazury region (NE Poland). Long ago they were an interesting, exploited commodity that made the basis of a local “metallurgical industry”, but because of economic reasons their mining ceased. However, current advances in analytical methods have resulted in revealing new, previously unsuspected properties of the bog ores. Detailed information on their mineral and chemical composition as well as physical and chemical features points to a possibility of utilizing the bog ores in question as mineral sorbents. Therefore, bog ores can become a new, local commodity in the region of Warmia and Mazury.

Key words: Warmia and Mazury, bog iron ores, mineral sorbents, biogas, sorption, desulphurization.