IV OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA NAUKOWA

ZŁOŻA KOPALIN – AKTUALNE PROBLEMY PRAC POSZUKIWAWCZYCH, BADAWCZYCH I DOKUMENTACYJNYCH

WARSZAWA 15–17.04.2015

ABSTRAKTY

Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

IV OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA NAUKOWA

ZŁOŻA KOPALIN – AKTUALNE PROBLEMY PRAC POSZUKIWAWCZYCH, BADAWCZYCH I DOKUMENTACYJNYCH

WARSZAWA 15–17.04.2015

ABSTRAKTY

pod redakcją
MAGDALENY PAŃCZYK

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
Warszawa 2015

ORGANIZATOR

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

PATRONAT HONOROWY

Janusz Piechociński
Wicepremier, Minister Gospodarki

Sławomir Brodziński
Podsekretarz Stanu – Główny Geolog Kraju

KOMITET HONOROWY

Dr hab. Jan Bromowicz, prof. AGH
Akademia Górniczo-Hutnicza

Prof. dr hab. inż. Marek Nieć
Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN

Prof. dr hab. inż. Adam Piestrzyński
Akademia Górniczo-Hutnicza

Mgr inż. Andrzej Przybycin
Zastępca Dyrektora Państwowego Instytutu Geologicznego – PIB
Dyrektor ds. państwowej służby geologicznej

Prof. dr hab. Janusz Skoczylas
Uniwersytet Adama Mickiewicza

KOMITET NAUKOWY I ORGANIZACYJNY

dr Magdalena Pańczyk
przewodnicząca

dr hab. Stanisław Mikulski, prof. nadzw. PIG-PIB
zastępca przewodniczącej

mgr Marcin Szuflicki
zastępca przewodniczącej

mgr Paweł Urbański
sekretarz

CZŁONKOWIE KOMITETU NAUKOWEGO

dr hab. inż. Józef Chowaniec, prof. nadzw. PIG-PIB
mgr inż. Marcin Janas
dr Przemysław Karcz
dr Jacek Kasiński
dr Regina Kramarska
dr Ewa Krzemińska
dr Edyta Majer
dr hab. Sławomir Oszczepalski, prof. nadzw. PIG-PIB
prof. dr hab. Tadeusz Peryt
dr hab. inż. Barbara Radwanek-Bąk, prof. nadzw. PIG-PIB
mgr Michał Sokołowski
prof. dr hab. Krzysztof Szamałek
dr inż. Adam Wójcicki
dr Grzegorz Zieliński

CZŁONKOWIE KOMITETU ORGANIZACYJNEGO

mgr Anna Andraszek
mgr Anna Bagińska
mgr Agnieszka Byliniak
mgr Izabela Hęclik
mgr Joanna Kaczmarzyk
mgr Magdalena Lenarczuk
mgr inż. Ewelina Leśniak

Akceptował do druku dnia 26.03.2015 r.

Kierownik Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego
mgr Roman SMÓŁKA

© Copyright by Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2015 r.

ISBN 978-83-7863-471-3

Projekt, opracowanie typograficzne, skład i łamanie: Agnieszka Byliniak, Ewelina Leśniak
Adres redakcji: Zakład Publikacji PIG-PIB, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; tel. 22 459 2480
Projekt okładki: Monika Cyrklewicz
fotografia na okładce – piaski czwartorzędowe (*ze zbiorów PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna SA*)
Nakład: 200 egz.
Druk: 2M s.c., ul. Makowska 139/141, 04-344 Warszawa

SPIS RZECZY

SESJA 1

Podstawy prawne działalności geologicznej, w świetle nowelizacji ustawy Prawo geologiczne i górnicze

Grzegorz Dobrowolski
Ocena oddziaływania na środowisko przedsięwzięć polegających na poszukiwaniu, rozpoznawaniu i wydobywaniu kopalin jako instrument służący realizacji zasady zrównoważonego rozwoju 11

Aleksander Lipiński
Koncesja na poszukiwanie (rozpoznawanie) złoża kopaliny a projekt robót geologicznych 13

Ryszard Mikosz
Ochrona złóż kopalin w studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy w kontekście zasady zrównoważonego rozwoju 14

Jan Stefanowicz
Przekazywanie informacji geologicznej administracji geologicznej i służbie geologicznej po 1.01.2015 r. w świetle zmian prawa geologicznego i górniczego oraz projektowanego Rozporządzenia Ministra Środowiska 16

Krzysztof Szamałek
Ewolucja polskiego prawa poszukiwania i wydobywania kopalin w latach 1991–2014 18

SESJA 2

Samowystarczalność energetyczna Polski a krajowa baza surowcowa

Izabela Bojakowska, Dariusz Lech
Pierwiastki śladowe w węglu kamiennym Lubelskiego Zagłębia Węglowego 21

Wojciech Cel
Ocena zmiany jakości wody podziemnej po zabiegu szczelinowania hydraulicznego w województwie lubelskim 23

Józef Chowaniec
Potencjał geotermiczny Polski w świetle uwarunkowań geologiczno-hydrogeologiczych 25

Jerzy Hadro, Paweł Poprawa, Magdalena Piątkowska, Andrzej Maksym
Systemy klasyfikacji i sposoby dokumentowania złóż węglowodorów – Polska na tle współczesnych standardów międzynarodowych 27

Marek Hajto
Zasoby oraz możliwości wykorzystania energii geotermalnej w Polsce 29

Jacek Robert Kasiński
Zjawiska krasowe w podłożu mezozoicznym złoża węgla brunatnego Złoczew na tle struktur strefy dyslokacyjnej Poznań–Kalisz 31

Hubert Kiersnowski, Adam Wójcicki
Nieodkryty potencjał gazu ziemnego zamkniętego w Polsce 33

Justyna Kujawska
Analiza mobilności metali ze zwiercin z odwiertów prowadzonych w województwie lubelskim . . 35

Jan Lubaś, Wiesław Szott, Adam Wójcicki
Wspomaganie wydobycia ropy naftowej z wykorzystaniem procesu zatłaczania do złóż CO_2 37

Paweł Poprawa
Potencjał złożowy łupków dolnego paleozoiku w basenie bałtycko-podlasko-lubelsko-narolskim w świetle wyników nowych prac poszukiwawczych 39

Paweł Poprawa, Mariusz Paszkowski, Krzysztof Wolański, Agnieszka Chmielowiec-Stawska
Niekonwencjonalne systemy naftowe dewonu górnego i karbonu w Polsce 41

Piotr Słomski, Jacek Szczepański, Marcin Lutyński, Miguel Angel Gonzalez Gonzalez, Katarzyna Komorowska, Rafał Kubik, Karol Spunda, Arkadiusz Derkowski, Tomasz Topór
Charakterystyka petrograficzna, mineralogiczna oraz zdolności sorpcyjne CO_2 i CH_4 wybranych wczesnopaleozoicznych łupków mułowcowych z basenu bałtyckiego pod kątem możliwości sekwestracji CO_2 43

Paweł Urbański, Marek Widera
Charakterystyka geologiczna oraz potencjał zasobowy złóż węgla brunatnego południowo-zachodniej Wielkopolski. 45

Marcin Warnecki, Andrzej Gołąbek
Symulacyjne określenie możliwości pozyskiwania gazu ziemnego z głębokich poziomów wodonośnych z wykorzystaniem sekwestracji CO_2 46

SESJA 3

Złoża rud metali i REE dla rozwoju nowoczesnych technologii

Jakub Bazarnik, Mirosława Bazarnik
Mineralizacja septariowa w konkrecjach węglanowych z Lubelskiego Zagłębia Węglowego. 51

Tomasz Ćwiertnia, Władysław Zygo, Adam Piestrzyński, Jadwiga Pieczonka
Analiza glebowa w poszukiwaniach złóż metali w klimacie pustynnym, południowa Mongolia . . . 53

Agata Duczmal-Czernikiewicz, Jarosław Suchan
Złoża antropogeniczne a nagromadzenia metali w osadnikach poflotacyjnych. Możliwości i ograniczenia 54

Joanna Kołodziejczyk, Jaroslav Pršek
Mineralizacja Pb-Zn w Kosowie, obecna sytuacja i perspektywy 55

Łukasz Maciąg, Dominik Zawadzki, Ryszard Andrzej Kotliński
Współczesne wyzwania i ograniczenia w rozwoju górnictwa morskiego. 57

Stanisław Z. Mikulski, Marek Markowiak, Grzegorz Zieliński, Leszek Giro
Nowe dane o mineralizacji tellurowo-bizmutowej ze strefy kontaktu bloku małopolskiego z blokiem górnośląskim 59

Stanisław Z. Mikulski, Sławomir Oszczepalski, Paweł Brański, Andrzej Chmielewski, Regina Kramarska, Wiesław Kozdrój, Marek Markowiak, Katarzyna Sadłowska, Mateusz Damrat
Weryfikacja stanu wiedzy o mineralizacji metalami ziem rzadkich (REE) wraz z pilotażową oceną ich perspektyw złożowych w Polsce (z wyłączeniem kratonu wschodnioeuropejskiego). 60

Stanisław Z. Mikulski, Sławomir Oszczepalski, Grzegorz Czapowski, Katarzyna Sadłowska, Andrzej Gąsiewicz, Marek Markowiak, Jacek Koźma, Eugeniusz Sztromwasser, Dorota Giełżecka-Mądry, Andrzej Chmielewski, Krzysztof Bukowski, Barbara Radwanek-Bąk, Małgorzata Sikorska-Majkowska, Anna Bliźniuk, Monika Piotrowska, Paulina Kostrz-Sikora

Mapy obszarów perspektywicznych rud metali i surowców chemicznych w Polsce w skali 1:200 000 wraz z ich oceną surowcową oraz ograniczeniami środowiskowymi i zagospodarowania przestrzennego 61

Magdalena Pańczyk, Jakub Bazarnik, Jerzy Nawrocki, Leszek Giro, Leszek Krzemiński, Grzegorz Zieliński, Ewa Krzemińska, Olga Rosowiecka
Mineralizacja REE w rdzeniach wiertniczych z masywu Ełku (NE Polska). Możliwości identyfikacji za pomocą podręcznego spektrometru XRF 63

Jadwiga Pieczonka, Adam Piestrzyński
Rozmieszczenie głównych minerałów kruszcowych w złożu rud miedzi na monoklinie przesudeckiej 64

Krzysztof Szamałek, Gustaw Konopka
Perspektywy zagospodarowania złoża laterytowej rudy Ni-Co na Halmaherze (Indonezja) 66

Krzysztof Szamałek, Gustaw Konopka, Karol Zglinicki
Odpady po wzbogaceniu koncentratu kasyterytowego jako źródło metali krytycznych i pierwiastków ziem rzadkich (REE) 68

Stanisław Wołkowicz, Dominik Galica, Natalia Dunst, Grażyna Zakrzewska, Wioleta Olszewska
Ocena kosztów pozyskania uranu z dolnoordowickich łupków dictyonemowych obniżenia podlaskiego 70

Stanisław Wołkowicz, Andrzej Paulo, Mariusz Krzak
Potencjał złożowy pierwiastków ziem rzadkich w Polsce na tle świata. 72

Dominik Zawadzki, Łukasz Maciąg, Ryszard Andrzej Kotliński
Osady eupelagiczne Pacyfiku jako potencjalne źródło pozyskiwania pierwiastków ziem rzadkich . . 75

SESJA 4

Nowoczesne metody badań i dokumentowania złóż

Bartłomiej Wojciech Bil
Koncepcja wykorzystania zintegrowanych systemów spektroskopowych w prospekcji porfirowych złóż miedzi i złota 79

Łukasz Kaczmarek, Michał Maksimczuk, Tomasz Wejrzanowski
Parametryzacja fantomów NMR z wykorzystaniem wysokorozdzielczej mikrotomografii komputerowej do analiz złóż niekonwencjonalnych. 80

Ewa Krzemińska
Aspekty złożowe w badaniach izotopowych przy użyciu mikrosondy jonowej SHRIMP IIe/MC . . . 81

Szymon Ostrowski
Badania geofizyczne w masywie Hasgath, zachodnia Mongolia 83

Grzegorz Pacanowski, Paweł Czarniak, Arkadiusz Piechota
Analiza możliwości zastosowania metody tomografii elektrooporowej (ERT) do rozpoznania miąższości pokrywy laterytowej. 85

Karol Spunda, Rafał Kubik, Katarzyna Komorowska
Zastosowanie nowoczesnych technik mikroskopii elektronowej w badaniach skał łupkowych oraz rud miedzi 87

SESJA 5

Znaczenie surowców skalnych dla rozwoju budownictwa i infrastruktury kraju

Paweł Brański
Ogólna przydatność wybranych formacji jury dolnej do składowania odpadów promieniotwórczych 91

Olimpia Kozłowska, Marta Sołomacha, Iwona Walentek
Nowe dane o zasobach kruszyw piaskowo-żwirowych dla inwestycji drogowych i kubaturowych w Polsce 92

Regina Kramarska, Dorota Kaulbarsz, Leszek Jurys, Mateusz Damrat
Stan udokumentowania zasobów minerałów ciężkich w piaskach bałtyckich i dalsze perspektywy złożowe 93

Regina Kramarska, Grzegorz Uścinowicz
Stan zagospodarowania złóż kruszywa w obrębie polskich obszarów morskich i perspektywy powiększenia bazy zasobowej 94

Edyta Majer
Ocena dostępności kruszyw do prowadzenia robót ziemnych dla inwestycji drogowych 96

Barbara Radwanek-Bąk
Ochrona złóż kopalin – światełko w tunelu? 98

Iwona Walentek, Kamilla Olejniczak, Marta Sołomacha
Problem niekoncesjonowanej eksploatacji kopalin okruchowych w Polsce 100

SESJA 6

Bilansowanie zasobów złóż kopalin

Dariusz Brzeziński
20 lat eksploatacji złóż kamieni łamanych i blocznych w Polsce 103

Marek Nieć
Polska klasyfikacja zasobów – zmieniać czy nie zmieniać? 104

Marek Nieć, Maciej Młynarczyk
Gospodarowanie zasobami węgla kamiennego w Polsce 105

Lesław Skrzypczyk, Jakub Sokołowski, Mariusz Socha, Agnieszka Felter
Stan zasobów wód podziemnych zaliczonych do kopalin w Polsce oraz stopień wykorzystania ich zasobów 107

Marcin Szuflicki, Agnieszka Malon, Marcin Tymiński
60 lat „Bilansu zasobów złóż kopalin w Polsce” 108

SESJA 7

Geologia w architekturze, malarstwie i zdobnictwie. Historia górnictwa

Jarosław Bednorz
Między dwiema wojnami – wpływ przekształceń polityczno-gospodarczych na poziom eksploatacji węgla kamiennego w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym w latach 1914–1945 113

Szymon Belzyt, Maciej Swęd
Historia badań mineralogicznych złoża miedzi na górze Miedziance w Górach Świętokrzyskich . .114

Magdalena Filipiak
Wykorzystanie metod badawczych stosowanych w mineralogii i petrografii do badań pigmentów, użytych do wykonania polichromii we wnętrzach kamienic na Starym Rynku w Poznaniu 115

Marek Graniczny, Joanna Kacprzak, Halina Urban, Albin Zdanowski
Najstarsze ośrodki edukacji górniczej i nauk o Ziemi w Europie 117

Marek Graniczny, Halina Urban, Joanna Kacprzak
Dzieje budowy gmachów Państwowego Instytutu Geologicznego oraz ich architektura (1919–1936) 119

Marek Graniczny, Stanisław Wołkowicz, Halina Urban, Krystyna Wołkowicz
Historia poszukiwań ropy naftowej na ziemiach polskich do 1939 roku 121

Włodzimierz Mizerski, Halina Urban, Marek Graniczny
Wielcy geolodzy na fryzie sali Muzeum Geologicznego PIG-PIB imienia Edmunda Strzeleckiego . .124

Ewa Pańczyk, Lech Waliś, Joachim Kierzek, Jakub Dudek, Maciej Widawski, Władysława Weker, Magdalena Pańczyk
Analiza wczesnośredniowiecznych denarów krzyżowych – pochodzenie i chronologia 126

Magdalena Pańczyk, Ewa Pańczyk, Elżbieta Gaździcka, Jarosław Giemza, Leszek Giro
Proweniencja zapraw stosowanych w malarstwie ikon z XV i XVI wieku z regionu karpackiego . . 127

Katarzyna D. Zagożdżon, Paweł P. Zagożdżon
Zjawiska i struktury geologiczne w architekturze – krótki przewodnik geoturystyczny po Wrocławiu 128

Paweł P. Zagożdżon, Katarzyna D. Zagożdżon
Sieć miejskich tras geoturystycznych w Kłodzku jako nowe narzędzie w zakresie edukacji i popularyzacji geologii 130

SESJA 8

Wody jako kopaliny

Józef Chowaniec, Tomasz Gągulski, Grażyna Gorczyca, Piotr Freiwald, Tomasz Operacz
Wody lecznicze doliny Popradu – rejon Milika i Andrzejówki 135

Józef Chowaniec, Tomasz Gągulski, Grażyna Gorczyca, Tomasz Operacz
Dokumentowanie zasobów dyspozycyjnych złóż wód leczniczych na przykładzie Buska-Zdroju–Solca-Zdroju 136

Piotr Freiwald, Tomasz Gągulski
Historia wykorzystania wód leczniczych występujących w rejonie Krosna i nowe perspektywy ich eksploatacji 138

Lesław Skrzypczyk, Mariusz Socha, Agnieszka Felter, Jakub Sokołowski
Możliwości zagospodarowania zasobów złóż wód termalnych w świetle geologicznego i gospodarczego ryzyka inwestycyjnego 139

Beata Wiktorowicz
Warunki występowania wód termalnych niecki łódzkiej 140

SESJA 9

Pierwotne i wtórne złoża bursztynu

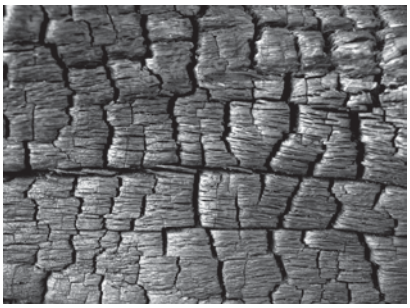
Anna Małka, Regina Kramarska, Wojciech Jegliński
Powstawanie nagromadzeń bursztynu w formie kopalnych plaż na południowym wybrzeżu Zatoki Gdańskiej w holocenie 145

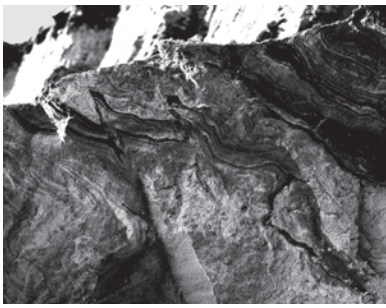
Andrzej Saternus
Występowanie bursztynu w utworach eocenu Lubelszczyzny a zasady poszukiwań i możliwe sposoby eksploatacji 147

Paweł Urbański
Występowanie bursztynu w osadach paleogeńskich w rejonie Parczewa i Lubartowa 148

SESJA 1

PODSTAWY PRAWNE DZIAŁALNOŚCI GEOLOGICZNEJ, W ŚWIETLE NOWELIZACJI USTAWY PRAWO GEOLOGICZNE I GÓRNICZE





Ocena oddziaływania na środowisko przedsięwzięć polegających na poszukiwaniu, rozpoznawaniu i wydobywaniu kopalin jako instrument służący realizacji zasady zrównoważonego rozwoju

Grzegorz Dobrowolski

Uniwersytet Śląski w Katowicach, Wydział Prawa i Administracji
ul. Bankowa 12, 40-007 Katowice

dobrowol@us.edu.pl

W świetle art. 5 Konstytucji RP „Rzeczpospolita Polska strzeże niepodległości i nienaruszalności swojego terytorium, zapewnia wolności i prawa człowieka i obywatela oraz bezpieczeństwo obywateli, strzeże dziedzictwa narodowego oraz zapewnia ochronę środowiska, kierując się zasadą zrównoważonego rozwoju", pojęcie „zrównoważony rozwój" zostało zdefiniowane w art. 3 pkt 50 ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. z 2013 r. poz. 1232 ze zm.) jako „taki rozwój społeczno-gospodarczy, w którym następuje proces integrowania działań politycznych, gospodarczych i społecznych, z zachowaniem równowagi przyrodniczej oraz trwałości podstawowych procesów przyrodniczych, w celu zagwarantowania możliwości zaspokajania podstawowych potrzeb poszczególnych społeczności lub obywateli zarówno współczesnego pokolenia, jak i przyszłych pokoleń".

Przestrzeganie powyższej zasady jest szczególnie istotne w przypadku działalności geologicznej i górniczej. Poszukiwanie, rozpoznawanie, ale przede wszystkim wydobywanie kopalin stanowi poważne zagrożenie dla otaczającego środowiska. W jego trakcie dochodzi bowiem do wykorzystania (w istocie zniszczenia) nieodnawialnych zasobów środowiska. Nierozważne korzystanie z tych dóbr może nie tylko doprowadzić do poważnych następstw dla obecnych pokoleń, ale również przyszłych, poprzez ograniczenie im dostępu do niektórych surowców.

Realizacja zasady zrównoważonego rozwoju może następować przy wykorzystaniu różnego rodzaju instrumentów prawnych. Do najbardziej skutecznych można bez wątpienia zaliczyć te, które służą przeprowadzaniu ocen oddziaływania na środowisko planowanych przedsięwzięć.

W świetle art. 3 ust. 1 pkt 13 ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz.U. z 2013 r. poz. 1235 ze zm.), do przedsięwzięć zalicza się między innymi zamierzenie polegające na przekształceniu lub zmianie sposobu wykorzystania terenu, w tym również na wydobywaniu kopalin. W konsekwencji tego, uzyskanie decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach (czyli najczęściej przeprowadzenie oceny oddziaływania na środowisko) będzie wymagane przed wystąpieniem o:

– koncesję na poszukiwanie lub rozpoznawanie kompleksu podziemnego składowania dwutlenku węgla, koncesję na wydobywanie kopalin ze złóż, koncesję na podziemne bezzbiornikowe magazynowanie substancji, koncesję na podziemne składowanie odpadów oraz koncesję na podziemne składowanie dwutlenku węgla – udzielane na podstawie ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze;

– decyzję zatwierdzającą plan ruchu dla wykonywania robót geologicznych związanych z poszukiwaniem i rozpoznawaniem złoża węglowodorów lub decyzję inwestycyjną w celu wykonywania koncesji na poszukiwanie i rozpoznawanie złoża węglowodorów oraz wydobywanie węglowodorów ze złoża – wydawaną na podstawie ustawy Prawo geologiczne i górnicze;
– decyzję zatwierdzającą plan ruchu dla wykonywania robót geologicznych na podstawie koncesji na poszukiwanie lub rozpoznawanie złoża kopaliny – wydawaną na podstawie ustawy Prawo geologiczne i górnicze;
– decyzję określającą szczegółowe warunki wydobywania kopaliny – wydawaną na podstawie ustawy z dnia 27 lipca 2001 r. o zmianie ustawy – Prawo geologiczne i górnicze.

W tym zakresie ocena oddziaływania na środowisko pozwoli przeprowadzić odpowiednie procedury, które pozwolą ustalić, czy i w jaki sposób jest możliwa realizacja przedsięwzięcia regulowanego przepisami ustawy Prawo geologiczne i górnicze oraz jakie będą jego skutki dla otoczenia. Z oceny powinno ponadto wynikać, jakie działania należy podjąć w celu minimalizacji skutków realizacji przedsięwzięcia i za pomocą jakich środków należy weryfikować skuteczność podjętych działań.

Koncesja na poszukiwanie (rozpoznawanie) złoża kopaliny a projekt robót geologicznych

Aleksander Lipiński

Uniwersytet Śląski w Katowicach, Wydział Prawa i Administracji
ul. Bankowa 11b, 40-007 Katowice

aleks@pro.onet.pl

Koncesja na poszukiwanie (rozpoznawanie) złoża kopaliny jest wymagana wyłącznie w odniesieniu do złóż kopalin wymienionych w art. 10 ust. 1 Prawa geologicznego i górniczego (Pr.g.g.), tj. do kopalin o największym znaczeniu gospodarczym, takich jak: węglowodory, węgiel, rudy itp. W pozostałych sytuacjach (zwłaszcza w odniesieniu do poszukiwania bądź rozpoznawania pozostałych złóż) roboty geologiczne mogą być wykonywane po zatwierdzeniu projektu robót geologicznych. Relacja między tymi dokumentami jest niejasna. W razie poszukiwania (rozpoznawania) złóż kopalin wymienionych w art. 10 ust. 1 Pr.g.g. projekt robót geologicznych jest wprawdzie obowiązkowym elementem wniosku koncesyjnego, jednak żaden przepis prawa nie przewiduje, że taki projekt podlega zatwierdzeniu. Projekt (niekoncesjonowanych) robót geologicznych, który został zatwierdzony, może zostać (po złożeniu stosownego wniosku) zmieniony. Dotyczy to również projektu koncesjonowanych robót geologicznych (to jest wykonywanych w celu poszukiwania bądź rozpoznawania złóż wymienionych w art. 10 ust. 1). Co więcej, jeżeli zmiany koncesjonowanych robót geologicznych są istotne i mają bezpośredni wpływ na warunki takiej koncesji, organ koncesyjny z urzędu zmienia koncesję (art. 80a Pr.g.g.).

Ochrona złóż kopalin w studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy w kontekście zasady zrównoważonego rozwoju

Ryszard Mikosz

Uniwersytet Śląski w Katowicach, Wydział Prawa i Administracji
ul. Bankowa 12, 40-007 Katowice

ryszard.mikosz@us.edu.pl

Ochrona złóż kopalin jest zagadnieniem złożonym i wielopłaszczyznowym. Służą jej zróżnicowane instrumenty prawne, wśród których nader istotną rolę powinny odgrywać środki o charakterze planistycznym, w tym zwłaszcza dotyczące zagospodarowania przestrzeni, w której znajdują się złoża kopalin. Ostatnio wspomniana materia została uregulowana zarówno w aktach normatywnych, normujących powszechnie obowiązujące zasady rządzące planowaniem i zagospodarowaniem przestrzennym, jak i w tych, które dotyczą korzystania z zasobów skorupy ziemskiej. Jeśli chodzi o pierwsze z wymienionych, to kluczowe znaczenie ma bez wątpienia ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (tekst jednolity Dz.U. z 2015 r., poz. 199). Określa ona bowiem zasady kształtowania polityki przestrzennej przez jednostki samorządu terytorialnego i organy administracji rządowej, a także zakres i sposoby postępowania w sprawach przeznaczania terenów na określone cele oraz ustalania zasad ich zagospodarowania i zabudowy (art. 1 ust. 1). Z kolei zagadnienia związane z korzystaniem z zasobów geologicznych środowiska są normowane przede wszystkim w ustawie z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (tekst jednolity Dz.U. z 2015 r., poz. 196), która zgodnie z jej art. 1 ust. 2 określa wymagania w zakresie ochrony złóż kopalin, wód podziemnych oraz innych elementów środowiska w związku z wykonywaniem działalności nią regulowanej.

Jednym z instrumentów prawnych mających służyć ochronie złóż kopalin jest studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy. W akcie tym, sporządzanym przez gminę obowiązkowo, należy m.in. uwzględnić uwarunkowania wynikające z występowania udokumentowanych złóż kopalin oraz występowania terenów górniczych. W studium należy również określić obiekty lub obszary dla których wyznacza się w złożu kopaliny filar ochronny. Regulację prawną dotyczącą omawianej materii również zawiera Prawo geologiczne i górnicze.

Mimo że studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy nie jest aktem prawa miejscowego, rodzi ono znaczące skutki prawne, m.in. dlatego, że ustalenia w nim zawarte są wiążące dla organów gminy przy sporządzaniu planów miejscowych. Te ostatnie bez wątpienia mają moc powszechnie obowiązującą na obszarze, dla którego zostały uchwalone. Z tego też m.in. powodu orzecznictwo sądów administracyjnych dopuszcza możliwość wniesienia skargi na studium.

Regulacja prawna dotycząca treści studium jest dość ogólna. Spostrzeżenie to dotyczy też materii związanej z kopalinami. Nie jest w szczególności jasne, jak należy rozumieć przepis nakazujący w studium „uwzględnić uwarunkowania wynikające z występowania udokumentowanych złóż kopalin" i jakie powinny być planistyczne konsekwencje owego „uwzględnia-

nia". Wydaje się, że przy interpretacji tej części regulacji prawnej nie można tracić z pola widzenia konsekwencji wynikających z obowiązku uwzględniania zasady zrównoważonego rozwoju. Została ona wprost wyrażona w art. 5 Konstytucji Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 2 kwietnia 1997 r. (Dz.U. Nr 78, poz. 483 ze zm.). Przepis ten stanowi, że Rzeczpospolita Polska strzeże niepodległości i nienaruszalności swojego terytorium, zapewnia wolności i prawa człowieka i obywatela oraz bezpieczeństwo obywateli, strzeże dziedzictwa narodowego oraz zapewnia ochronę środowiska, kierując się zasadą zrównoważonego rozwoju. Rangi tego przepisu nie sposób przecenić. Zarówno w literaturze, jak i orzecznictwie sądowym akcentuje się zwłaszcza, że określa on zasadnicze kierunki i cele działania państwa, wprowadzając zasadę zrównoważonego rozwoju jako zasadę ustrojową, która powinna być respektowana zarówno na etapie stanowienia, jak i stosowania prawa. Nie powinno zatem budzić wątpliwości, że należy ją brać pod uwagę także przy tworzeniu studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy. Mimo że akt ten nie jest źródłem prawa powszechnie obowiązującego, to jednak wywołuje on istotne skutki, w istocie rzeczy przesądzając o przyszłym sposobie zagospodarowania przestrzeni. To zaś oznacza, że przy kreowaniu reżimu prawnego oznaczonej przestrzeni, trzeba uwzględnić taki jej rozwój społeczno-gospodarczy, w którym następuje proces integrowania działań politycznych, gospodarczych i społecznych, z zachowaniem równowagi przyrodniczej oraz trwałości podstawowych procesów przyrodniczych, w celu zagwarantowania możliwości zaspokajania podstawowych potrzeb poszczególnych społeczności lub obywateli zarówno współczesnego pokolenia, jak i przyszłych pokoleń. Tak bowiem definiuje zasadę zrównoważonego rozwoju ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (tekst jednolity Dz.U. z 2013 r., poz. 1232 ze zm.), a definicja ta – z mocy wyraźnego przepisu – ma identyczną treść na gruncie ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym.

Przekazywanie informacji geologicznej administracji geologicznej i służbie geologicznej po 1.01.2015 r. w świetle zmian prawa geologicznego i górniczego oraz projektowanego rozporządzenia ministra środowiska

Jan Stefanowicz

Kancelaria Juris
ul. Wiejska 12A, 00-490 Warszawa

kancelaria@juris.pl

Konieczne jest wskazanie zmiany od 1.01.2015 r. zakresu i przedmiotu obowiązku przekazywania informacji geologicznej w szczególności, co do danych geologicznych oraz próbek i wyników ich badań Skarbowi Państwa, czyli administracji geologicznej i służbie geologicznej. Należy podkreślić, że doszło do ustalenia ograniczonego obowiązku przekazywania danych geologicznych w postaci wyników badań, przy jednoczesnym obszernym przekazywaniu próbek geologicznych rozumianych także jako rdzenniki i przynajmniej część zwiercin pobieranych do opróbowania oraz wyników ich badań. Z drugiej strony informacja geologiczna, której przedmiotem nie są wyniki badań geologicznych lecz dalej idące ich przetworzenia oraz interpretacje w ogóle nie będzie musiała być przekazywana ani administracji geologicznej, ani służbie geologicznej, jeżeli:
– nie zostały uzyskane przez przedsiębiorcę w toku robót geologicznych lub
– nie będą przepisaną rozporządzeniem składową dokumentacji geologicznej,
– będą to wyniki badań, próbek pobranych w toku robót górniczych lub z rdzeni archiwalnych lub opróbowania wychodni w ramach pozyskanego z badań powierzchniowych niestanowiących robót geologicznych.

Z drugiej strony wprowadzono nowe, niedoprecyzowane obowiązki, w szczególności dotyczące „bieżącego" dokumentowania badań oraz zawiadamiania o zamiarze poboru próbek. „Bieżące" dokumentowanie, jak się wydaje, już dotychczas było standardem i regułą właściwego, z dołożeniem należytej, zawodowej staranności, prowadzenia badań geologicznych i obowiązkiem należytej staranności przy sporządzaniu dokumentacji geologicznej, w tym innej, jak też przy dokumentowaniu badań próbek. Natomiast istotne tu może być inne rozumienie zastosowanego pojęcia „dokumentowania" przez ustawodawcę, bądź też nadużycie pojęcia „bieżące". Jest oczywiste, że albo wyniki z istoty samego badania uzyskuje się w chwili lub z chwilą przeprowadzenia badania (zdjęcie sejsmiki, wydruk ze spektrometru, wydruk z urządzeń pomiarowych, rejestracja danych z piezometru), albo będą to już wyniki przetwarzania, agregacji. Z kolei „bieżące dokumentowanie" samego przebiegu prac geologicznych, czyli badań, w których wyniku uzyskuje się wyniki tych badań, odbywa się w sposób ściśle przepisany, określony stosownym Rozporządzeniem w zakresie odpowiednich dokumentacji geologicznych, hydrogeologicznej, geologiczno-inżynierskiej czy też tzw. innych dokumentacji geologicznych. Nie wydaje się przy tym, żeby zamiarem ustawodawcy było wprowadzenie obowiązku dokumentowania przebiegu prac geologicznych ponadto, co Minister określa w stosownym Rozporządzeniu w zakresie stosownych dokumentacji. Nie da się, stosując odpowiednie zasady wykładni, wywieść, aby „dokumentowanie", o którym jest mowa w nowej

treści art. 82 ust. 1, było pojęciem o innym zakresie desygnat, niż pojęcie dokumentowania w celu uzyskania rezultatu w formie dokumentacji o jakich jest mowa w art. 88 pgig.

W związku z nowymi regulacjami należy zwrócić uwagę na praktyczną możliwość odpowiednio dokładnego przewidzenia dnia poboru próbek, co czasami na etapie planowania może być realne, ale w realizacji często odbiega od założonego terminu. Natomiast na tle ustalania początku terminu rozpoczęcia robót często dochodziło już do nieporozumień, a teraz, z uwagi na nowe obowiązki może rodzić dalsze wątpliwości, a tym samym nieporozumienia. W zakresie biegu terminów, dla spełnienia obowiązków przekazywania danych i próbek, kluczowe będzie interpretowanie terminu „dnia ich uzyskania". Dzień uzyskania może być definiowany przez odniesienie podmiotowe, tj. gdy uzyskał podmiot wykonujący roboty geologiczne na podstawie koncesji, decyzji bądź zgłoszenia albo podmiot, który je pozyskał wykonując dane badania geologiczne, a może być nim także operator czy podwykonawca, a nie koncesjonariusz. Natomiast odniesienie przedmiotowe będzie zawsze wskazywało na chwilę uzyskania danych lub próbek, bez względu na to, czy i kiedy uzyskał je koncesjonariusz, lecz gdy uzyskał ktokolwiek działający w jego imieniu i na jego rachunek, choćby pośrednio. Projektowane Rozporządzenie w praktyce niewiele tu pomaga, a wręcz dalej komplikuje możliwość przeprowadzenia efektywnej wykładni. Rozporządzeniu można zarzucić zarówno wady legislacyjne, jak i merytoryczne, a przede wszystkim afunkcjonalność, niską sprawność regulacyjną zakresu i trybu wykonywania obowiązków ustawowych.

W projektowanym Rozporządzeniu przede wszystkim nie ma stosownych przepisów przejściowych, intertemporalnych, co łącznie z brakiem odpowiedniego *vacatio legis* w ustawie z dnia 11 lipca 2014r., która nie wprowadza okresu przejściowego dla art. 82 w zw. z art. 82a, skutkuje koniecznością stosowania wprost ustawy i to niezwłocznie. Pamiętając przy tym, że obowiązek bieżącego przekazywania danych, próbek i wyników ich badań wszedł w życie z dniem 1 stycznia 2015r., a Rozporządzenie wchodzi w życie po upływie 14 dni od dnia publikacji. W praktyce zastosowanie się do tych nowych obowiązków w regulowanym trybie i formach w tych terminach jest niemożliwe. Istotne jest tu zwrócenie uwagi na fakt, że zakres obowiązku przekazywania próbek jest regulowany zarówno w koncesji, jak i Rozporządzeniu.

W Rozporządzeniu zwraca uwagę posługiwanie się niedoprecyzowanymi pojęciami, takimi jak: „przekazujący próbki", „komplet próbek", „porozumienie", „wstępna akceptacja", które różnie mogą być interpretowane. Każde z tych zastosowanych pojęć, w kontekście zarówno zaprojektowanych nowych przepisów Rozporządzenia, jak i zmienionych przepisów ustawy, nie poddaje się jednoznacznej wykładni bez sprzeciwienia się racjonalności przepisu i *ratio legis* ustawy bądź naruszenia podstawowych zasad wykładni, czyli kierowania się wykładnią literalną oraz systemową.

Ewolucja polskiego prawa poszukiwania i wydobywania kopalin w latach 1991–2014

Krzysztof Szamałek

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

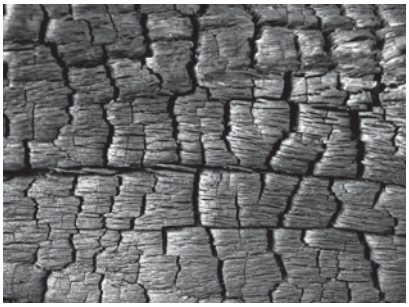
Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii
ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa

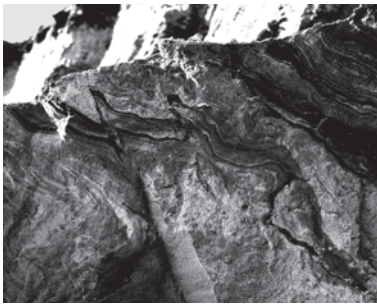
krzysztof.szamalek@pgi.gov.pl

W 1991 r. dokonano nowelizacji prawa górniczego oraz prawa geologicznego, dostosowując je do nowej sytuacji gospodarczo-politycznej Polski powstałej po 1989 r. Następstwem tych doraźnych dostosowań prawa było uchwalenie w 1994 r. nowoczesnego jednolitego prawa geologicznego i górniczego. Zgodnie z tą ustawą działalność poszukiwawcza i wydobywcza złóż kopalin mogła się odbywać wyłącznie na podstawie koncesji. Ponadto w ustawie sprecyzowano prawo własności złóż kopalin, wprowadzono zapis dotyczący opłaty eksploatacyjnej jako daniny publicznej z tytułu wydobycia kopalin. W czasie obowiązywania tej ustawy (1994–2011) podlegała ona blisko trzydziestu nowelizacjom, usuwającym braki legislacyjne oraz wprowadzającym dyrektywy europejskie. W 2011 r. uchwalono nową ustawę Prawo geologiczne i górnicze (obowiązuje od 1 stycznia 2012 r.). Nowe prawo również uległo istotnej nowelizacji w 2013 i 2014 r. Okres 1991–2014 jest wystarczająco długi, aby móc dokonać oceny ewolucji prawa oraz jego periodyzacji wraz z określeniem dominujących cech. Uwagę zwracają zarówno braki definicyjne (górotwór, kopalina, złoże kopaliny) w ustawie, jak i potrzeba nowych uregulowań w zakresie kwalifikacji geologicznych czy powołania państwowej rady geologicznej. Ponadto w związku z naruszeniem w ostatnich latach spójności i kompletności rozwiązań prawa geologicznego i górniczego przez nowe inicjatywy legislacyjne podejmowane przez ministra finansów oraz ministra skarbu państwa autor postuluje powołanie komisji kodyfikacyjnej do opracowania nowego całościowego Prawa geologicznego i górniczego w postaci kodeksu geologiczno-górniczego.

SESJA 2

SAMOWYSTARCZALNOŚĆ ENERGETYCZNA POLSKI A KRAJOWA BAZA SUROWCOWA





Pierwiastki śladowe w węglu kamiennym lubelskiego zagłębia węglowego

Izabela Bojakowska, Dariusz Lech

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

izabela.bojakowska@pgi.gov.pl

W węglu kamiennym i brunatnym występują w niewielkich stężeniach pierwiastki śladowe, które mogą być uwalniane do środowiska w następstwie wykorzystania węgla w energetyce i gospodarce komunalnej. Może to skutkować negatywnym oddziaływaniem na ekosystemy. Obecne w węglu pierwiastki śladowe mogą być związane z materią organiczną, z siarczkami (głównie pirytem), rzadziej węglanami (np. syderytem), fosforanami i minerałami ilastymi (Hackley i in., 2005; Dai i in., 2012).

Do badań pobrano 29 próbek węgla z warstw lubelskich eksploatowanych w kopalni Bogdanka (Lubelskie Zagłębie Węglowe). We wszystkich próbkach, po pełnym ich roztworzeniu, określono zawartość Ag, As, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Mo, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, Th, Tl, U, V i Zn metodą ICP-MS oraz Hg z próbki stałej metodą AAS z zatężaniem na amalgamatorze.

Stwierdzono, że w zbadanym węglu warstw lubelskich, spośród pierwiastków śladowych o największym znaczeniu ze względu na ich łatwość emisji do środowiska i potencjalną szkodliwość, średnia zawartość arsenu wynosiła 47 mg/kg, kadmu – <0,2 mg/kg, rtęci – 0,105 mg/kg, selenu – 3,8 mg/kg i talu – 0,4 mg/kg. Spośród pierwiastków śladowych zaś, ważnych dla jakości środowiska, ale stwarzających mniejsze zagrożenie ze względu na ich trudniejszą emisję, średnia zawartość chromu wynosiła 29 mg/kg, miedzi – 32 mg/kg, niklu – 29 mg/kg,

Tabela 1

Zakres zawartości pierwiastków śladowych w węglach warstw lubelskich [mg/kg]

Pierwiastek	Zakres zawartości	Pierwiastek	Zakres zawartości
Ag	<0,2–1,0	Pb	5–35
As	<1–209	Rb	<0,5–133
Ba	26–572	Sb	0,2–3,3
Cd	<0,2–<0,2	Se	1,0–7,0
Co	1,3–29,5	Sn	0,5–6,0
Cr	5–127	Sr	10–718
Cs	<0,3–11,9	Th	<0,1–33,5
Cu	6,6–69,0	Tl	<0,2–2,8
Hg	0,018–0,561	U	0,2–8,3
Mn	<1–175	V	7–146
Mo	0,4–5,6	Zn	21–110
Ni	9–76		

ołowiu – 14 mg/kg, wanadu – 56 mg/kg i cynku – 31 mg/kg. Średnie zawartości pozostałych pierwiastków wynosiły dla srebra – <0,5 mg/kg, baru – 152 mg/kg, kobaltu – 7 mg/kg, cezu – 1,4 mg/kg, molibdenu – 2,9 mg/kg, manganu – 12 mg/kg, rubidu – 12,8 mg/kg, antymonu – 1,5 mg/kg, cyny – 1,6 mg/kg, strontu – 160 mg/kg, toru – 4,8 mg/kg i uranu – 2,2 mg/kg.

Stwierdzono, że w porównaniu do przeciętnych zawartości pierwiastków śladowych w pokładach węgla na świecie, węgiel warstw lubelskich charakteryzuje się zbliżoną średnią zawartością rtęci, cynku, cyny, uranu i baru, wyższymi średnimi zawartościami arsenu, selenu, chromu, miedzi, niklu, wanadu, kobaltu, molibdenu, toru, strontu i cezu oraz niższymi średnimi zawartościami talu, ołowiu, antymonu, rubidu i manganu (Kalkreuth i in., 2006; Diehl i in., 2004; Dai i in., 2008; Song i in., 2007; Zhuang i in., 2006).

Dendrogram stężeń pierwiastków śladowych w węglach wykazał istnienie zależności między 1) Ba i Sr, 2) Co, Se, Mo, Ag, Cd, Tl, Sb, Sn, U i Cs oraz 3) Cr, Zn, Mn, Rb, Ni, Cu.

Występowanie w węglu warstw lubelskich baru i strontu jest związane najprawdopodobniej z obecnością w nich siarczanów i węglanów. Obecność kobaltu, selenu, molibdenu, srebra, kadmu, talu, antymonu, cyny i uranu wiąże się prawdopodobnie z występowaniem w nich siarczków (np. takich jak piryt, chalkopiryt czy sfaleryt). Zaś chrom, cynk, mangan, rubid, nikiel i miedź mogą być w znacznej części związane z minerałami ilastymi, a wanad i rtęć są – najprawdopodobniej z materią organiczną.

Literatura

DAI S., JIANG Y., WARD C, GU L., SEREDIN V., LIU H., ZHOU D., WANG X., SUN Y., ZOU J., F, REN R., 2012 — Mineralogical and geochemical compositions of the coal in the Guanbanwusu Mine, Inner Mongolia, China: Further evidence for the existence of an Al (Ga and REE) ore deposit in the Jungar Coalfield. *Int. J. Coal Geol.*, **98**: 10–40.

DAI S., LI D., CHOU C., ZHAO L., HANG Y., REN D., MA Y., SUN Y., 2008 — Mineralogy and geochemistry of boehmite-rich coals: New insights from the Haerwusu Surface Mine, Jungar Calfield, Inner Mongolia, China. *Int. J. Coal Geol.*, **74**: 185–202.

DIEHL S., GOLDHABER M., HATCH J., 2004 — Modes of occurrence of mercury and other trace elements in coals from the warrior field, Black Warrior Basin, Northwestern Alabama. *Int. J. Coal Geol.*, **59**: 193–208.

HACKLEY P., WARWICK P., GONZALEZ E., 2005 — Petrology, mineralogy and geochemistry of mined coals, western Venezuela. *Int. J. Coal Geol.*, **63**: 68–97.

KALKREUTH W., HOLZ M., KERN M., MACHADO G., MEXIAS A., SILVA M., WILLETT J., FINKELMAN R., BURGER H., 2006 — Petrology and chemistry of Permian coals from the Parana Basin:1.Santa Terezinha, Leao-Butia and Candiota Coalfields, Rio Grande do Sul, Brazil. *Int. J. Coal Geol.*, **68**: 79–116.

SONG D., QIN Y., HANG J., WANG W., ZHENG C., 2007 — Concentration and distribution of trace elements in some coals from Northern China. *Int. J. Coal Geol.*, **69**: 179–191.

ZHUANG X., QUEROL X., ALASTUEY A., PLANA F., MORENO N., ANDREAS J., WANG J., 2006 — Mineralogy and geochemistry of the coals from the Chongqing and Southeast Hubei coal mining Districts, South China. *Int. J. Coal Geol.*, **71**: 263–275.

Ocena zmiany jakości wody podziemnej po zabiegu szczelinowania hydraulicznego w województwie lubelskim

Wojciech Cel

Politechnika Lubelska, Wydział Inżynierii Środowiska
ul. Nadbystrzycka 40B, 20-618 Lublin

w.cel@pollub.pl

W ciągu ostatnich lat Polska stała się jednym z atrakcyjniejszych obszarów poszukiwania gazu łupkowego. Zasoby gazu z łupków w Polsce mieszczą się w przedziale 346–768 mld m^3 (http://www.pgi.gov.pl/pl/instytut-geologiczny-informacje-prasowe/4109-zasoby-gazu-z-upkow-w-polsce-gwarancja-z-zapasem). Łupki bogate w substancje organiczne tworzyły się w systemie basenów sedymentacyjnych, powstałych we wczesnym paleozoiku, na zachodnim skłonie kratonu wschodnioeuropejskiego. Procesy tektoniczne oraz erozja spowodowały rozbicie jednostki na mniejsze: basen bałtycki, obniżenie podlaskie oraz region lubelski (Poprawa, 2010). Basen lubelski ma bardziej skomplikowany układ strukturalny niż pozostałe. Potencjalne formacje łupkowe znajdują się na zbyt dużej głębokości. Średnia głębokość oscyluje w okolicach 3000 m. Łupki z basenu lubelskiego charakteryzują się większą miąższością i dojrzałością termiczną niż łupki z pozostałych basenów (Kiersanowski, Dyrka, 2013). W województwie lubelskim obowiązuje 27 koncesji, na których obszarze ukończono 12 otworów poszukiwawczych i wykonano 5 zabiegów szczelinowania hydraulicznego (http://lupki.mos.gov.pl/pliki/201501/12--14-otwory.pdf).

Poszukiwanie, wydobywanie i eksploatacja gazu łupkowego budzi wiele obaw, protestów mieszkańców terenów, na których są wykonywane prace. Prowadzone są liczne badania wpływu odwiertów na środowisko. Największą uwagę poświęca się badaniom nad możliwością migracji zanieczyszczeń do wód podziemnych. Płyn szczelinujący poprzez pęknięcia pionowe może przedostać się do warstw wodonośnych solankowych. Szczelinowanie hydrauliczne może zmieniać przepuszczalność formacji łupkowych i położonych niżej warstw geologicznych. Technologia zabiegu szczelinowania hydraulicznego odpowiednio wykonywana nie powoduje jednak ryzyka zagrożenia skażenia wód podziemnych (Kresse i in., 2011).

Badania amerykańskie wód zwrotnych na terenach niekonwencjonalnych odwiertów wykazały wysoką zawartość substancji organicznych, metali takich jak: Ba (>22 000 mg/l), Sr (10 000 mg/l) (Phan i in., 2015).

Największe kontrowersje przy pracach wydobywczych budzi jakość wód w przydomowych studniach podziemnych. W artykule przedstawiono analizy jakości wód podziemnych z roku 2009 i 2010 (przed szczelinowaniem hydraulicznym) oraz z 2013 i 2014 roku (po zabiegu szczelinowania hydraulicznym) w gminie Syczyn w województwie lubelskim, aby zaprzeczyć niepotwierdzonym spekulacjom zanieczyszczenia wód gruntowych spowodowanych działalnością wydobywczą.

Literatura

KIERSANOWSKI H., DYRKA I., 2013 — Potencjał złożowy ordowicko-sylurskich łupków gazonośnych w Polsce: omówienie dotychczasowych raportów i propozycje udoskonalenia metodyki oceny zasobów gazu w raporcie w 2014 r. *Prz. Geol.*, **61**, 1: 354–373.

KRESSE M.T., WARNER R.N., HAYS D.P., DOWN A., VENGOSH A., JACKSON B.R., 2011 — Shallow Groundwater Quality and Geochemistry in the Fayetteville Shale Gas-Production Area, North-Central Arkansas, Scientific Investigations Report 2012–5273. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey.

PHAN T.T., ROSEMARY C.C., BRIAN W. B., STEWART R.J., GRANEY R.J., JOHNSON D.J., SHARMA S., TORO J., 2015 — Trace metal distribution and mobility in drill cuttings and produced waters from Marcellus Shale gas extraction: uranium, arsenic, barium. *Appl. Geochem.*, doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeochem.2015.01.013

POPRAWA P., 2012 — Potencjał występowania złóż gazu ziemnego w łupkach dolnego paleozoiku w basenie bałtyckimi lubelsko-podlaskim. *Prz. Geol.*, **58**, 3: 226–249.

http://www.pgi.gov.pl/pl/instytut-geologiczny-informacje-prasowe/4109-zasoby-gazu-z-upkow-w-polsce-gwarancja-z-zapasem [z dn.15.02.2015 r.]

http://lupki.mos.gov.pl/pliki/201501/12-14-otwory.pdf [z dn.15.02.2015 r.]

Potencjał geotermiczny polski w świetle uwarunkowań geologiczno-hydrogeologiczych

Józef Chowaniec

Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego, Oddział Karpacki
ul. Skrzatów 1, 31-560 Kraków

jozef.chowaniec@pgi.gov.pl

Temperatura wód podziemnych zależy między innymi od rozkładu temperatury w skorupie ziemskiej. Podstawowym parametrem, który charakteryzuje pole temperaturowe Ziemi, jest gradient geotermiczny, określający przyrost temperatury na jednostkę przyrostu głębokości wewnątrz Ziemi, poniżej strefy termicznie neutralnej. Jego odwrotnością jest stopień geotermiczny, wskazujący co ile metrów w głąb Ziemi temperatura przyrasta o 1°C. Jako średnią wartość stopnia geotermicznego w skali globalnej przyjęto wielkość 33 m/1°C. W Polsce obserwuje się duże zróżnicowanie wartości stopnia geotermicznego, od około 100 m/1°C w północno-wschodniej części kraju do 20 m/1°C w Sudetach (Cieplice Śl., Lądek-Zdrój). Wody podziemne, krążące w środowisku skalnym, mają różną temperaturę i są w rozmaitym stopniu zmineralizowane w zależności od głębokości występowania i czasu wymiany oraz litologii skał macierzystych. Ciepło, które niosą wody termalne, pochodzi z wnętrza Ziemi. Jego głównym źródłem jest płynna magma, zaś dodatkowym – procesy naturalnego rozkładu pierwiastków promieniotwórczych. Wody głębokich poziomów wodonośnych są zawsze wodami termalnymi (o temperaturze na wypływie co najmniej 20°C), jednak nie wszędzie warto je eksploatować. Ich eksploatacja jest uwarunkowana takimi samymi ograniczeniami, jak eksploatacja zwykłych wód podziemnych, czyli z poziomu wodonośnego można wydobywać tylko tyle, na ile pozwalają zasady racjonalnej gospodarki zasobami

Biorąc pod uwagę warunki geologiczno-hydrogeologiczne, należy stwierdzić, że obszar niecki podhalańskiej jest jednym z najważniejszych w Polsce, z wodami o temperaturze ponad 86°C na powierzchni, mineralizacji do około 3 g/dm^3 i dobrej odnawialności wody.

Wody termalne na obszarze Karpat zewnętrznych są rozpoznane punktowo, a skomplikowana budowa geologiczna ogranicza uzyskanie większych ich ilości. Występują one w zbiornikach zamkniętych i dlatego ich zasoby są ograniczone. Z dotychczasowych badań wynika, że flisz zewnętrznokarpacki jest mało perspektywicznym kolektorem do uzyskania wód termalnych w znaczących ilościach.

Wody termalne w zapadlisku przedkarpackim stwierdzono w utworach mioceńskich oraz w spękanych i porowatych skałach podłoża. Wody te charakteryzują się zróżnicowaną temperaturą, od 20 do ponad 60°C. Większość ich jest wysoko zmineralizowana. Głębsze wody piętra mioceńskiego są typu Cl–Na o mineralizacji nawet do około 260 g/dm^3. Najbardziej obiecujący jest zbiornik dewoński o miąższości utworów wodonośnych do 1000 m i temperaturze wody 35–45°C.

W Sudetach wody termalne są powszechnie spotykane wyłącznie w skałach krystalicznych o mineralizacji poniżej 1g/dm^3. We wschodniej części Sudetów wody termalne charakteryzują się niską mineralizacją, w granicach 0,18–0,21 g/dm^3, temperaturą w przedziale 20–45°C oraz

wydajnością 1,2–108 m^3/h. W zachodnich Sudetach wody termalne charakteryzują się wyższą temperaturą – od 22 do 87,6°C i mineralizacją od 0,52 do 0,69 g/dm^3.

Na Niżu Polskim wody termalne stwierdzono w obrębie rozległych struktur synklinalnych, w których występują dwa główne zbiorniki o największym znaczeniu użytkowym: zbiornik dolnojurajski i zbiornik dolnokredowy. Związane są one z ośrodkiem porowo-szczelinowym wykształconym w postaci piasków i piaskowców z przewarstwieniami utworów słabo przepuszczalnych: iłowców, iłowców piaszczystych, mułowców i mułowców piaszczystych. Zasilanie ma miejsce głównie na podkenozoicznych wychodniach w brzeżnych strefach struktur synklinalnych. W mniejszym stopniu zasilanie odbywa się poprzez półprzepuszczalne utwory czwartorzędowe lub paleogeńsko-neogeńskie oraz przez okna hydrogeologiczne. Wody termalne są na ogół typu chlorkowo-sodowego, o mineralizacji od poniżej 1 do ponad 100 g/dm^3, z zawartością jodu, bromu i kwasu metaborowego. Potencjalna wydajność ujęć często dochodzi do 65 m^3/h, niekiedy przekraczając 250 m^3/h, a temperatura osiąga 67°C.

Systemy klasyfikacji i sposoby dokumentowania złóż węglowodorów – polska na tle współczesnych standardów międzynarodowych

Jerzy Hadro[1], Paweł Poprawa[2], Magdalena Piątkowska[3], Andrzej Maksym[4]

[1] PETRO-KONSULT
ul. Grota Roweckiego 11/6, 30-348 Kraków

[2] AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

[3] Orlen Upstream Sp z o.o.
ul. Prosta 70, 00-838, Warszawa

[4] Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo SA, Warszawa

jurek.hadro@interia.pl, ppop.ecr@gmail.com, magdalena.piatkowska@orlen.pl, andrzej.maksym@pgnig.pl

Stosowany w Polsce system klasyfikacji złóż węglowodorów nie jest kompatybilny z międzynarodowymi standardami, które wyznacza *Petroleum Resources Management System* (PRMS). W odróżnieniu od praktyki międzynarodowej, polski system klasyfikacji złóż węglowodorów stanowi adaptację systemu stworzonego na potrzebę klasyfikacji złóż kopalin stałych. Jest dziedzictwem minionego ustroju i pierwotnie został zaprojektowany dla realiów socjalistycznego systemu ekonomicznego. Głównym jego celem jest ułatwianie skarbowi państwa planowania i zarządzania zasobami, w przeciwieństwie do klasyfikacji PRMS, zorientowanej głównie na umożliwienie wyceny pojedynczego projektu rynkom finansowym, a także wyceny aktywów w obrębie firmy naftowej.

Klasyfikacja PRMS dzieli „zasoby" przede wszystkim na zasoby perspektywiczne (nieodkryte; ważone ryzykiem w odniesieniu do szansy na odkrycie), zasoby warunkowe (odkryte, sub-ekonomiczne; ważone ryzykiem w odniesieniu do szansy komercjalizacji) oraz rezerwy zasobowe?/zapasy? (odkryte i ekonomiczne; z określonym prawdopodobieństwem pewności ich oszacowania). PRMS klasyfikuje i kategoryzuje zasoby według dwóch głównych kryteriów, tj. stopnia zaawansowania projektu inwestycyjnego z szansą na jego komercjalizację oraz pewności oszacowań zasobów. Kluczowym osiągnięciem stosowania PRMS jest globalna porównywalność ekonomiczna projektów.

Polska klasyfikacja zasobów wraz kategoriami rozpoznania złoża (A, B i C) nie odzwierciedla stopnia zaawansowania projektu, tak aby mogła stanowić ekwiwalent klasyfikacji PRMS. Nie zawiera ona również kryterium prawdopodobieństwa pewności oszacowań zasobów. Kryteria bilansowości (obecnie: graniczne wartości parametrów definiujących złoże) definiują złoże w sposób arbitralny, bez uwzględnienia rzeczy najważniejszej tj. zmiennej w czasie ceny surowca. Termin kryteria bilansowości został wprowadzony po II wojnie światowej na oznaczenie zasobów, które w warunkach gospodarki centralnie planowanej były podstawą do formułowania wieloletnich planów wykorzystania złóż i miały zapewnić zwrot nakładów inwestycyjnych na budowę lub rozbudowę kopalń. Podlegały one ścisłemu rozliczaniu w wyniku prowadzonej eksploatacji i były (i są nadal) wykazywane w krajowym bilansie zasobów.

W większości krajów wysoko rozwiniętych przemysł wydobywczy ropy i gazu jest oddzielony od przemysłu kopalin stałych w sensie administracyjno-prawnym. Istnieją też odrębne klasyfikacje zasobów dla kopalin stałych i węglowodorów. Klasyfikacja zasobów ropy/gazu uwzględnia specyfikę przemysłu naftowego. Fundamentalnym zagadnieniem jest rozróżnienie *Reserves* (= zasoby przemysłowe, operatywne, eksploatacyjne?) od *Resources* (= zasoby geologiczne). Dla rynków finansowych znaczenie mają głównie rezerwy zasobowe (*Reserves*), traktowane jako towar o potencjalnej wartości monetarnej. Wielkość i zaklasyfikowanie zasobów pozwala ocenić aktywa firm i przekłada się na decyzje inwestycyjne udziałowców. Giełdy narzucają reguły postępowania w sposobie publikowania zasobów, a odpowiednie agendy rządowe (np. SEC w USA) wydają stosowne akty normatywne. Giełdy zwykle pozwalają publikować rezerwy zasobowe, uznając zasoby geologiczne za towar obarczony zbyt dużym ryzykiem inwestycyjnym, żeby przypisywać mu wartość monetarną.

W żadnym z wysoko rozwiniętych krajów „naftowych" (USA, Kanada, Australia, Wlk. Brytania, Norwegia) w procesie poszukiwania i rozpoznawania złoża nie powstaje odpowiednik polskiej dokumentacji geologicznej złoża. W żadnym z tych krajów nie ma też regulacji prawnych dotyczących sposobu prowadzenia prac zmierzających do odkrycia i udokumentowania złoża. W Wielkiej Brytanii np. regulacjom podlega sfera związana z ochroną środowiska, planowaniem przestrzennym i bezpieczeństwem publicznym, ale sposób prowadzenia prac geologicznych pozostawia się inwestorowi, który po otrzymaniu koncesji, wykazał, że ma kapitał i technologię prowadzenia takich działań, co jest warunkiem wystarczającym prowadzenia tych prac. Sam sposób prowadzenia poszukiwania (metody badawcze, zakres badań etc.) pozostawia się inwestorowi dysponującemu wiedzą ekspercką dotycząca technologii i sposobu prowadzenia prac.

Polski system regulacyjny stanowi wciąż jedną z barier dla rozwoju przemysłu wydobywczego w realiach gospodarki wolnorynkowej. Ma to szczególne znaczenie w przypadku węglowodorów niekonwencjonalnych oraz złóż trudnych i marginalnych, które wymagają zaangażowania prywatnego kapitału. Zmodyfikowanie polskiego systemu regulacyjnego do standardów międzynarodowych mogło by stanowić jeden z impulsów do zintensyfikowania prac poszukiwawczych, a w efekcie do ewentualnego powiększenia bazy surowcowej kraju.

Zasoby oraz możliwości wykorzystania energii geotermalnej w Polsce

Marek Hajto

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

mhajto@agh.edu.pl

Zasoby geotermalne w Polsce są związane głównie z występowaniem wód podziemnych w utworach mezozoiku na Niżu Polskim, w Karpatach wewnętrznych (na Podhalu) i w zapadlisku przedkarpackim oraz podrzędnie – w utworach paleozoiku, w niektórych lokalizacjach w Karpatach zewnętrznych i w Sudetach. Przeprowadzone dotychczas badania wskazują, że w polskich warunkach wody termalne występują na głębokościach od ok. 1 do 4 km i mają zróżnicowaną temperaturę od ok. 20 do 80–100°C. Lokalnie, w głębszych strukturach geologicznych, stwierdzono wody o wyższych temperaturach (do stu kilkudziesięciu stopni Celsjusza).

Wody te są odpowiednie do zastosowań w różnorodnych celach grzewczych (zwłaszcza w ciepłownictwie), rolnictwie, rekreacji, a niekiedy w balneoterapii. Syntezę informacji na temat warunków występowania, parametrów, możliwości wykorzystania zawarto w serii atlasów dotyczących Niżu Polskiego, Karpat i zapadliska przedkarpackiego (Górecki i in., 2006a, b, 2011, 2012, 2013). W niektórych rejonach istnieją także warunki do produkcji energii elektrycznej w układach binarnych, zwykle w kogeneracji z produkcją ciepła (Wójcicki i in., 2013; Bujakowski, Tomaszewska, 2014). Według stanu na dzień 31 grudnia 2014 r. wody termalne były stosowane w sześciu ciepłowniach geotermalnych, jedenastu uzdrowiskach, a także w dziewięciu kąpieliskach i ośrodkach rekreacyjnych.

Oszacowania zasobów energii geotermalnej wykonane w ramach realizacji ww. projektów wskazują, że sumaryczne zasoby dostępne energii geotermalnej zakumulowane w zbiornikach prowincji Niżu Polskiego, Karpat i zapadliska przedkarpackiego oszacowano na $8{,}86 \times 10^{22}$ J. Zasoby geologiczne (zasoby statyczne) energii geotermalnej oszacowano na $1{,}58 \times 10^{22}$ J, a zasoby statyczne wydobywalne – na $3{,}18 \times 10^{21}$ J. Przeprowadzone prace wskazują na znaczny, niewykorzystany potencjał związany z wodami geotermalnymi w Polsce. W skali regionalnej wykorzystanie tych wód powinno w pierwszej kolejności być związane ze zbiornikami jury dolnej oraz kredy dolnej na Niżu Polskim. W pozostałych prowincjach geotermalnych możliwości są mniejsze i dotyczą wybranych zbiorników i lokalizacji, gdzie istnieją możliwości wykorzystania ich m.in. do celów rekreacyjnych czy balneoterapeutycznych.

Jedną z głównych przyczyn zahamowania, a nawet wstrzymania nowych projektów geotermalnych, nakierowanych na ciepłownictwo w Polsce jest brak możliwości uzyskania wsparcia finansowego na wiercenia otworów poszukiwawczych/badawczych, które do 2012 r. było udzielane w ramach zamkniętego obecnie programu „Energetyczne wykorzystanie zasobów geotermalnych". Brak innych narzędzi wspomagających, takich jak np. fundusz ubezpieczenia ryzyka geologicznego, także wpływa niekorzystnie na tę sytuację.

Gorące wody podziemne są nośnikiem czystej ekologicznie energii, która może być wykorzystywana do różnorodnych celów, sprzyjających ochronie środowiska i zdrowiu mieszkańców w wielu regionach naszego kraju.

Literatura

BUJAKOWSKI W., TOMASZEWSKA B. (red.), 2014 — Atlas możliwości wykorzystania wód geotermalnych do skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepła przy zastosowaniu systemów binarnych w Polsce. Wydaw. IGSMiE PAN, Kraków.

GÓRECKI W. (red.), 2006a — Atlas zasobów energii geotermalnej na Niżu Polskim – formacje mezozoiczne. ZSE AGH, Kraków.

GÓRECKI W. (red.), 2006b — Atlas zasobów energii geotermalnej na Niżu Polskim – formacje paleozoiczne. ZSE AGH, Kraków.

GÓRECKI W. (red.), 2011 — Atlas zasobów wód i energii geotermalnej Karpat zachodnich. KSE AGH, Kraków.

GÓRECKI W. (red.), 2012 — Atlas geotermalny zapadliska przedkarpackiego. KSE AGH, Kraków.

GÓRECKI W. (red.), 2013 — Atlas geotermalny Karpat wschodnich. KSE AGH, Kraków.

WÓJCICKI A., SOWIŻDŻAŁ A., BUJAKOWSKI W. (red.), 2013 — Ocena potencjału, bilansu cieplnego i perspektywicznych struktur geologicznych dla potrzeb zamkniętych systemów geotermicznych (*hot dry rocks*) w Polsce. Państw. Inst. Geol., Warszawa–Kraków.

ZJAWISKA KRASOWE W PODŁOŻU MEZOZOICZNYM ZŁOŻA WĘGLA BRUNATNEGO ZŁOCZEW NA TLE STRUKTUR STREFY DYSLOKACYJNEJ POZNAŃ—KALISZ

Jacek Robert Kasiński

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

jacek.kasinski@pgi.gov.pl

Osady mezozoiczne występujące w podłożu kenozoiku w rejonie strefy dyslokacyjnej Poznań–Kalisz–Radomsko (Deczkowski, Gajewska, 1980), są reprezentowane przez sfałdowane utwory jury i kredy, speneplenizowane przez erozję i przemieszczone wzdłuż licznych uskoków przed rozpoczęciem sedymentacji utworów paleogenu (Deczkowski, Gajewska, 1983; Kasiński, 2004). Ze względu na pracującą od kilkudziesięciu lat kopalnię odkrywkową węgla brunatnego Bełchatów, utwory te zostały dobrze poznane, najlepiej w rejonie rowu Kleszczowa na obszarze elewacji radomszczańskiej, gdzie były obserwowane zarówno w bardzo licznych utworach wiertniczych wyprzedzających eksploatację węgla brunatnego jak i w odkrywkach Bełchatów i Szczerców, głęboko nacinających strop podłoża mezozoicznego. W odkrywce Bełchatów rozpoznano całą gamę zjawisk krasowych (Czarnecki i in., 2010). Formy te (kawerny, kanały i leje krasowe) powstały w wyniku ługowania węglanu wapnia, szczególnie licznie w wapieniach gąbkowych i organodetrytycznych (skalistych) jury górnej zarówno w dnie, jak i w zboczach rowów tektonicznych, które są obecnie odsłonięte w odkrywkach. Procesy krasowe powodują znaczny dopływ wód złożowych (które w całości mają charakter wód krasowych i szczelinowych) do odkrywek oraz powstaniem szczególnie rozległego obszaru obniżenia poziomu zwierciadła wód podziemnych leja depresji w wyniku odwodnienia kopalni (Kleczkowski i in., 2000).

W podłożu utworów kenozoicznych w obrębie złoża Złoczew występują podrzędnie utwory jury środkowej, wykształcone w postaci piaskowców syderytycznych aalenu, piaskowców i mułowców wapnistych bajosu oraz mułowców ilastych batonu. Wyżej leżące utwory jury górnej, reprezentujące oksford i kimeryd (o znacznie większej miąższości), są wykształcone w postaci różnych odmian wapieni gąbkowych, detrytycznych i pelitycznych i to te właśnie utwory uległy najsilniejszemu skrasowieniu. W niedalekim złożu wapieni jury górnej Diałoszyn-Trębaczew, gdzie prowadzono szczegółowe badania wapieni, współczynnik skrasowienia waha się w granicach 0,0–76,7% (średnio 12,1%), przy czym odchylenie standardowe wynosi 17,4 i jest 1,5 raza większe od wartości średniej. Wskazuje to na znaczną nieregularność występowania zjawisk krasowych. W stropie wapieni z jury górnej występują lokalnie utwory kredy, wykształcone w postaci piasków wapnistych i margli.

O występowaniu zjawisk krasowych w podłożu złoża węgla brunatnego Złoczew, wypełniającego jeden z kulisowych rowów tektonicznych strefy dyslokacyjnej Poznań–Kalisz–Radomsko, wspomniano już w pierwszej dokumentacji złoża. Jednak pełniejsze informacje na ten temat przyniosły dopiero bardziej szczegółowe badania związane z przygotowaniem szczegółowej dokumentacji przedeksploatacyjnej z 2013 r. W profilach licznych otworów wiertniczych nawiercono – już poniżej stropu utworów podłoża mezozoicznego – rumosz wapienny

oraz skały neogeńskie: żwiry, iły i węgiel brunatny, miejscami o dość znacznej miąższości, przekraczającej nawet 3,3 m. Wśród tych utworów napotkano także „klasycznie" wykształcone brekcje krasowe. Obecność osadów neogeńskich wskazuje na długotrwałą aktywność procesów krasowych.

Pozyskane dane wskazują, że intensywność występowania procesów krasowych w rowie tektonicznym Złoczewa jest zapewne nie mniejsza niż w rowie Kleszczowa i wobec występowania silnego zawodnienia skał mezozoicznych, pozostających głównie w związku z górnojurajskim poziomem wodonośnym na północnym obrzeżeniu złoża, warunki hydrogeologiczne panujące w złożu należy ocenić jako trudne.

Literatura

CZARNECKI L., FRANKOWSKI R., ORGANIŚCIAK B., 2010 — Kalendarium: 50 lat geologii na złożu Bełchatów. *W*: „50 lat pracy geologów na złożu Bełchatów 1960-2010" (red. L. Czarneckii in.): 7–74. PGE GiEK Oddział KWB „Bełchatów", Bełchatów.

DECZKOWSKI Z., GAJEWSKA I., 1980 — Mezozoiczne i trzeciorzędowe rowy obszaru momokliny przedsudeckiej. *Prz. Geol.*, **21**, 3: 467–481.

DECZKOWSKI Z., GAJEWSKA I., 1983 — Budowa geologiczna podłoża trzeciorzędu w rowach Złoczewa i Gostynia (monoklina przedsudecka). *Kwart. Geol.*, **23**, 1: 161–177.

KASIŃSKI, J.R., 2004 — Paleogen i neogen w zapadliskach i rowach tektonicznych. *W*: Budowa Geologiczna Polski. Tom I: Stratygrafia, Część 3a – Kenozoik: Paleogen Neogen. (red. T.M. Peryt, M. Piwocki): 134–161. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

KLECZKOWSKI, A.S., SEWERYN L., JOŃCZYK, I., 2000 — Rzeczywisty i prognozowany rozwój leja depresji Kopalni „Bełchatów" oraz ocena jego wpływu na środowisko. *W*: Symp. Nauk. „25 lat doświadczeń KWB Bełchatów". Bełchatów.

Nieodkryty potencjał gazu ziemnego zamkniętego w Polsce

Hubert Kiersnowski, Adam Wójcicki

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

hubert.kiersnowski@pgi.gov.pl, adam.wojcicki@pgi.gov.pl

Gaz zamknięty (*tight gas*) jest jednym z niekonwencjonalnych źródeł gazu ziemnego. Wydobywany jest za pomocą technologii podobnych do stosowanych w eksploatacji gazu z łupków, ale występuje w innych typach skał (głównie w zwięzłych, nieprzepuszczalnych piaskowcach). W ostatnich latach odkryto w Polsce dwa złoża gazu zamkniętego w pułapkach konwencjonalnych, jednak należy się spodziewać występowania w naszym kraju nierozpoznanych dotąd niekonwencjonalnych systemów złóż gazu zamkniętego, prawdopodobnie o znacznie większym potencjale (Poprawa, Kiersnowski, 2010).

W ramach realizacji zadań państwowej służby geologicznej (temat „Szacowanie zasobów złóż węglowodorów – zadanie ciągłe PSG"; Wójcicki i in., 2014) dokonano pierwszej w naszym kraju oceny prognostycznych zasobów geologicznych *tight gas*, czyli hipotetycznej całkowitej ilości gazu w nieodkrytych złożach, z uwzględnieniem trzech kompleksów geologicznych najbardziej perspektywicznych w świetle obecnego stanu wiedzy. Były to następujące kompleksy i rejony perspektywiczne dla występowania nierozpoznanych dotąd niekonwencjonalnych systemów złóż gazu zamkniętego: permskie piaskowce czerwonego spągowca strefy poznańsko-kaliskiej (centrum basenu permskiego), piaskowce karbonu strefy wielkopolsko-śląskiej i piaskowce kambru w zachodniej części basenu bałtyckiego.

Na podstawie analizy dostępnych danych archiwalnych z ok. 30 otworów, w tym kilku w których stwierdzono objawy gazu w obrębie rozpatrywanych kompleksów, dla każdego z rejonów określono obszary perspektywiczne do występowania gazu zamkniętego, udział odpowiednich skał i potencjalnych poziomów gazonośnych. Przyjęto kryteria występowania *tight gas* z wcześniejszych prac PIG-PIB, zweryfikowane na podstawie najnowszych danych i publikacji. Do obliczeń zasobów geologicznych wykorzystano metodę wolumetryczną, określając dla każdego rozpatrywanego kompleksu skalnego objętość przestrzeni porowych prawdopodobnie wypełnionych gazem.

Dla wszystkich trzech rejonów przeprowadzono analizy statystyczne (metoda Monte Carlo). Otrzymano najbardziej prawdopodobne przedziały wartości zasobów geologicznych, opartych na możliwych zakresach niepewności wartości parametrów wejściowych. Oszacowano stąd najbardziej prawdopodobny przedział wartości prognostycznych zasobów geologicznych gazu w zakresie ok. 0,5–5 bln m^3, przy czym najbardziej prawdopodobna w obrębie tego przedziału jest wartość ok. 1,5–2 bln m^3. Ostatnie dwie liczby odnoszą się do dwóch różnych wariantów niekonwencjonalnej pułapki złożowej dla pierwszego rejonu.

Obecnie trudno jest dokładnie podać jaka część gazu w tych złożach jest możliwa do wydobycia, jedynie można przyjąć hipotetycznie, na podstawie doświadczeń światowych, że może to być 5–15% (średnio 10%) całkowitej ilości gazu w złożach. Biorąc pod uwagę naj-

bardziej prawdopodobną wartość prognostycznych zasobów geologicznych, otrzymujemy oszacowanie hipotetycznych zasobów technicznie wydobywalnych gazu zamkniętego na 0,15–0,2 bln m^3, czyli zbliżone lub nieco większe od udokumentowanych zasobów konwencjonalnych złóż gazu (wynoszących ok. 0,15 bln m^3). Faktyczne zasoby wydobywalne zostaną potwierdzone po szczegółowym rozpoznaniu i udokumentowaniu złóż, na podstawie danych pochodzących z produkcji gazu z nowych otworów wiertniczych.

Literatura

POPRAWA P., KIERSNOWSKI H., 2010 — Zwięzłe formacje zbiornikowe (*tight reservoir*) dla gazu w Polsce. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **439**: 173–180.

WÓJCICKI A., KIERSNOWSKI H., DYRKA I., ADAMCZAK-BIAŁY T., BECKER A., GŁUSZYŃSKI A., JANAS M., KOZŁOWSKA A., KRZEMIŃSKI L., KUBERSKA M., PACZEŚNA J., PODHALAŃSKA T., ROMAN M., SKOWROŃSKI L., WAKSMUNDZKA M.I., 2014 — Prognostyczne zasoby gazu ziemnego w wybranych zwięzłych skałach zbiornikowych Polski. Państw. Inst. Geol.-PIB, Warszawa.

Analiza mobilności metali ze zwiercin z odwiertów prowadzonych w województwie lubelskim

Justyna Kujawska

Politechnika Lubelska, Wydział Inżynierii Środowiska
ul. Nadbystrzycka 40B, 20-618 Lublin

j.kujawska@pollub.pl

Niekonwencjonalne złoża gazu zmieniły perspektywę przyszłości energetycznej wielu krajów.

Odkryte w Polsce złoża gazu łupkowego budzą wiele nadziei na niezależność energetyczną kraju. Do sierpnia 2012 r. Ministerstwo Środowiska wydało 111 koncesji na poszukiwanie gazu łupkowego w Polsce. Poszukiwanie i wydobywanie gazu łupkowego z ekonomicznego punktu widzenia ma same zalety, jednak nie można zapominać o środowiskowym aspekcie wydobywania, poszukiwania i eksploatacji gazu. Procesy wydobywcze są tematem intensywnej debaty publicznej ze względu na obawy o potencjalne oddziaływanie na środowisko.

W wyniku operacji wiertniczych przy poszukiwaniu i wydobywaniu gazu łupkowego powstają odpady wiertnicze nazywane zwiercinami. Jest to urobek skalny, wydostający się na powierzchnię wraz ze zużytą płuczką wiertniczą. Zwierciny zawierają głównie skały i łupki z rodzimego materiału, z którego są wiercone, i mogą być połączone z różną ilością płynu wiertniczego (baryt, polimery, wapno, wodorotlenek sodu, glina) (Kelly, Irving, 1995).

Zwierciny składają się głównie z okruchów skał (np. piaskowce i wapienie) i minerałów – węglany (kalcyt, dolomit), minerałów mieszanopakietowych (illit, smektyt, kaolinit, chloryt, biotyt) i innych (kwarc, skaleń potasowy, ortoklaz, plagioklaz itd.). Ponadto skały łupkowe wzbogacone są w kerogen, mieszaninę substancji organicznych (Piszcz i in., 2014). Złoża łupków mogą być wzbogacone w metale. Badania wykazały, że w minerałach węglanowych są obecne pierwiastki: Ca, Mg, Mn, Sr; w kalcycie: Al, Ti, Ga, Zr, Sc; w materii organicznej: Ag, Mo, Zn, Ni, Cu, Cr, V (Brumsack, 2006).

Skład zwiercin zależy od warunków geologicznych formacji łupkowych, a na zawartość związków organicznych wpływa rodzaj stosowanej płuczki.

Płuczka jest mieszaniną związków organicznych, olei, polimerów z różnymi dodatkami. Płuczki charakteryzuje wysoka zawartość baru, chlorków sodu i potasu. Zawierają też metale ciężkie: ołów, cynk, rtęć, chrom, arsen i nikiel (Sunday i in., 2010).

Zwierciny zawierają metale pochodzące z minerałów z urobków skalnych oraz metale dodawane do płuczek wiertniczych, stąd istnieje poważna obawa o możliwość migracji metali do wód powierzchniowych i podziemnych

Celem przeprowadzonych badań jest ocena mobilności metali ze zwiercin pozyskanych z wierceń prowadzonych w województwie lubelskim.

Literatura

BRUMSACK H.-J., 2006 — The trace metal content of recent organic carbon-rich sediments: Implications for Cretaceous black shale formation. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **232**, 2: 344–361.

KELLEY S., IRVING A.M., 1995 — An evaluation of stabilized, water-based drilled cuttings and organic compost as potential sediment sources for marsh restoration and creation in coastal Louisiana. *Ecol. Eng.*, **5**: 497–517.

PISZCZ K., LUCZAK J., HUPKA J., 2014 — Mobility of shale drill cuttings constituents. *Physicochem. Probl. Miner. Process.*, **50**, 2: 795–810.

SUNDAY A.L., JULIA A., STEGMAN A.J., 2010 — Stablization/solidification of petroleum drill cuttings. *J. Hazard. Mater.*, **174**: 463–474.

Wspomaganie wydobycia ropy naftowej z wykorzystaniem procesu zatłaczania do złóż CO_2

Jan Lubaś[1], Wiesław Szott[1], Adam Wójcicki[2]

[1] Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział w Krośnie
ul. Armii Krajowej 3, 38-400 Krosno

[2] Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

lubas@inig.pl

Projekty wspomagania wydobycia ropy naftowej przez zatłaczanie CO_2 (CO_2-EOR) są realizowane głównie w USA, gdzie od pierwszej połowy lat 1970. XX wieku do chwili obecnej zatłoczono około miliarda ton CO_2 do setek złóż ropy (Meyer, 2007; Melzer, 2012). Otrzymano dodatkową produkcję ropy wynoszącą setki milionów ton. W ogromnej większości (ok. 95%) był to dwutlenek węgla pochodzący z naturalnych złóż, transportowany rurociągami liczącymi tysiące kilometrów, którego pozyskanie było i jest znacznie tańsze niż w przypadku wychwytywania ze strumienia spalin w elektrowniach czy z innych procesów przemysłowych. Znane są również przykłady z Węgier, gdzie do złóż ropy zatłaczany jest gaz ziemny zawierający ponad 90% CO_2 (Hegedus, Falus, 2004)

W ramach przedsięwzięcia realizowanego przez INiG i PIG na zamówienie Ministerstwa Środowiska i sfinansowanego przez NFOŚiGW (Lubaś i in., 2012) dokonano pierwszej w naszym kraju metodycznej oceny wielkości potencjalnego dodatkowego wydobycia ropy naftowej i gazu ziemnego podczas relacji procesów CO_2-EOR, EGR. Dla wytypowanych sześciu złóż ropy naftowej (BMB, Kamień Pomorski, Nosówka, Węglówka, Górzyca, Radoszyn), najbardziej perspektywicznych z punktu widzenia technologii CO_2-EOR na obszarze lądowym Polski, wykonano analizy geologiczno-złożowe, symulacje komputerowe i laboratoryjne, a także wstępne analizy efektywności ekonomicznej przedsięwzięcia. Przy typowaniu złóż preferowano warunki geologiczno-złożowe umożliwiające zaistnienie zjawiska wypierania ropy dwutlenkiem węgla w warunkach zmieszania faz, zapewniającego optymalną produkcję. Pod uwagę wzięto zarówno dostępność złóż, jak i wykonalność procesu obecnie lub w nieodległej przyszłości. Zastosowanie w warunkach polskich przedmiotowej technologii umożliwia znaczące zwiększenie współczynnika sczerpania złoża, średnio o 20–30% zasobów geologicznych (Szott i in., 2012).

Na podstawie modeli bilansowych, wyników symulacji oraz historii i prognoz eksploatacji złóż wykonano wstępne analizy opłacalności ekonomicznej dla dwóch wariantów przyjętych scenariuszy. W pierwszym wariancie, optymistycznym, operator złoża ponosi koszty transportu CO_2, zaś w drugim wariancie, pesymistycznym, przewidziano jego zakup na rynku, po cenie odpowiadającej kosztom projektów demonstracyjnych CCS, z dostawą do złoża.

Działalność ta wydaje się najbardziej opłacalna dla większych złóż ropy, dla których jest możliwa wciąż relatywnie duża produkcja tego surowca. Natomiast dla eksperymentalnego przetestowania technologii w warunkach polskich najlepsze byłoby wykorzystanie względnie małych złóż.

Literatura

HEGEDUS E., FALUS G., 2004 — Enhance Oil Recovery through CO_2 Injection in Hungary – The Newsletter of the ENeRG Network.

LUBAŚ J., 2012 — Syntetyczne podsumowanie wyników „Programu wspomagania wydobycia ropy naftowej i gazu ziemnego z krajowych złóż węglowodorów przy zastosowaniu podziemnego zatłaczania CO_2". Praca konsorcjum INiG, PIG.

MEYER J.P., 2007 — Summary of Carbon Dioxide Enhanced Oil Recovery (CO_2-EOR) Injection Well Technology. Background report prepared for the American Petroleum Institute.

MELZER L.S., 2012 — Carbon Dioxide Enhanced Oil Recovery (CO_2-EOR): Factors Involved in Adding Carbon Capture, Utilization and Storage (CCUS) to Enhanced Oil Recovery. Annual CO_2 Flooding Conference, Midland TX, February 2012.

SZOTT W., ŁĘTKOWSKI P., GOŁĄBEK A., MIŁEK K., 2012 — Ocena efektów wspomaganego wydobycia ropy naftowej i gazu ziemnego z wybranych złóż krajowych z zastosowaniem zatłaczania CO_2. Instytut Nafty i Gazu, Kraków.

Potencjał złożowy łupków dolnego paleozoiku w basenie bałtycko-podlasko-lubelsko-narolskim w świetle wyników nowych prac poszukiwawczych

Paweł Poprawa

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

ppop.ecr@gmail.com

Począwszy od 2006 r. dolnopaleozoiczny basen bałtycko-podlasko-lubelsko-narolski jest obiektem prac poszukiwawczych gazu ziemnego i ropy naftowej ze złóż łupkowych. Przy około 40 archiwalnych, kluczowych otworach wiertniczych oraz blisko 70 nowych otworach poszukiwawczych (w tym kilkanaście otworów poziomych z testem produkcyjnym) potencjał do występowania złóż łupkowych został wstępnie udokumentowany z pewnym przybliżeniem.

Cechą charakterystyczną omawianego basenu jest wyjątkowo duży objętościowy udział drobnoklastycznych skał mułowcowych i iłowcowych (częściowo marglistych) w osadowym wypełnieniu basenu. Miąższość tego typu osadów sięga co najmniej 1000–2000 m. W profilu basenu zidentyfikowano kilka indywidualnych formacji mułowców i iłowców wzbogaconych w substancję organiczną, zawierających kerogen II typu oraz mających podwyższony potencjał występowania łupkowego gazu ziemnego i/lub łupkowej ropy naftowej. Występują one w spągowej części profilu w interwale osadów o miąższości zwykle nieprzekraczającej 200 m. W basenie występuje wyraźny diachronizm depozycji osadów wzbogaconych w substancje organiczną z północnego zachodu ku południowemu wschodowi oraz wschodowi.

Najstarszą formacją łupków potencjalnie gazo- i roponośnych są górnokambryjsko-dolnotremadockie łupki z Piaśnicy. Ich zawartość TOC zazwyczaj wynosi 4–10%. Strefa występowania tej formacji jest jednak ograniczona do zachodniej część morskiego sektora basenu bałtyckiego (BB) oraz wyniesienia Łeby (WŁ). W strefie lądowej BB miąższość tych osadów jest ograniczona zwykle do kilku metrów, z wyjątkiem strefy Warblino–Lębork, gdzie osiąga maksymalnie 18 m. Mała miąższość powoduje, że na większości obszaru występowania formacja ta nie może być samodzielnym obiektem eksploatacji węglowodorów ze złóż łupkowych.

W centralnej części BB oraz zachodniej części obniżenia podlaskiego (OP) głównym celem prac poszukiwawczych są w przybliżeniu karadockie łupki formacji z Sasina i jej lateralnych odpowiedników. Miąższość netto interwału produktywnego wynosi na tym obszarze zwykle kilkanaście metrów, a jej maksymalne wartości w północnej części WŁ sięgają 22–24 m. Średnia zawartość TOC wynosi 2–4%.

Wyżej w profilu geologicznym BB kolejnym celem prac poszukiwaczych są łupki niższej części landoweru (w tym ogniwo łuków bitumicznych z Jantaru), geochemicznie najkorzystniej wykształcone w centralnej części BB, w podłożu niecki płockiej, w zachodniej części OP oraz w północno-zachodniej części regionu lubelskiego (RL). Formacja ta wyróżnia się dużą zmiennością cech w profilu pionowym; jej najniższą część stanowią łupki bitumiczne o bardzo wysokiej zawartości TOC (do 20%) i miąższości kilku metrów, przechodzące

w górnej części profilu w przewarstwiające się łupki o średniej i niskiej zawartości TOC. Miąższość netto interwału produktywnego tej formacji wynosi zwykle kilkanaście metrów, z wyjątkiem strefy Narola (SN), gdzie jest wyjątkowo duża i przekracza 20–30 m. Jako że potencjalnie produktywne interwały karadoku i landoweru są oddzielone zwykle jedynie kilkumetrowej miąższości barierą do szczelinowania, którą stanowią marglisto-wapienne osady aszgilu, istnieje duże prawdopodobieństwo obejmowania pojedynczym szczelinowaniem obu formacji jednocześnie. W takim przypadku skumulowana miąższość netto interwału produktywnego lokalnie może przekraczać 30 m.

Najmłodszą formację, potencjalnie złożową, stanowią łupki (najwyższego landoweru?) dolnego wenloku. Utwory te mają znaczną miąższość, rzędu 40–70 m, jednak są stosunkowo ubogie w substancję organiczną (TOC średnio ok. 1,5%). Formacja ta jest korzystnie wykształcona we wschodniej części BB, zachodniej części OP, na obszarze RL, a najlepsze własności ma w rejonie SN.

Nowe wyniki badań dojrzałości termicznej wskazują, że strefa okna ropnego, a zwłaszcza strefa gazu mokrego, sięgają zdecydowanie dalej na zachód niż przypuszczano wcześniej na podstawie danych archiwalnych. Strefy te w większości obejmują obszary o umiarkowanej głębokości występowania interwałów potencjalnie produktywnych (<3500 m), co potwierdza skład płynów węglowodorowych uzyskiwanych w czasie testów otworowych. Strefa gazu suchego na głębokościach <5000 m obejmuje ograniczony obszar, głównie południowo-zachodnią część BB oraz podłoże niecki płockiej. Zaletą tej strefy jest występowanie nadciśnień złożowych.

Wskaźnik kruchości dla łuków karadoku jest stosunkowo wysoki (do 0,6–0,7), co wynika głównie z zawartości krzemionki. Łupki landoweru są zwykle mniej kruche (wskaźnik 0,50–0,65) i cechują się wyższą zawartością węglanów, która jest jeszcze wyższa dla wyżej leżących łupków wenloku. Wskaźnik kruchości dla tych ostatnich jest bardzo zmienny obocznie i wynosi zwykle ok. 0,40–0,75. Porowatość łupków dolnego paleozoiku w omawianym basenie mieści się zwykle w zakresie wartości umiarkowanych (5–10%), podczas gdy przepuszczalność jest stosunkowo niska (120–250 nD).

Najważniejszymi czynnikami ryzyka poszukiwawczego, odpowiedzialnymi za stosunkowo słabe przypływy gazu ziemnego i ropy naftowej w czasie testów otworowych (odpowiednio do 11–15 tys. m^3/dobę oraz do 14–21 ton/dobę), są: stosunkowo niska miąższość interwałów potencjalnie produktywnych, w większości niskie zawartości TOC, niska przepuszczalność, a w obszarach RL i SN także większa intensywność deformacji tektonicznych. Rejon SN charakteryzuje dodatkowo możliwość odgazowania formacji zbiornikowej górotworu w czasie wypiętrzania i erozji.

Niekonwencjonalne systemy naftowe dewonu górnego i karbonu w Polsce

Paweł Poprawa[1], Mariusz Paszkowski[2], Krzysztof Wolański[3], Agnieszka Chmielowiec-Stawska[3]

[1] AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

[2] Polska Akademia Nauk, Instytut Nauk Geologicznych
ul. Senacka 1, 31-002 Kraków

[3] Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo SA, Oddział w Zielonej Górze
ul. Boh. Westerplatte 15, 65-034 Zielona Góra

ppop.ecr@gmail.com, ndpaszko@cyf-kr.edu.pl, krzysztof.wolanski@pgnig.pl, agnieszka.chmielowiec@pgnig.pl

Większość eksploatowanych złóż gazu ziemnego i ropy łupkowej w Ameryce Północnej występuje w łupkach wieku górnodewońsko-dolnokarbońskiego, dlatego też szczególną uwagę przemysłu naftowego skupiają nowe cele poszukiwacze tego wieku. W Polsce poszukiwania dewońsko-karbońskich złóż niekonwencjonalnych koncentrowały się dotychczas na regionie lubelskim i basenie pomorskim. W żadnej z tych stref nie występuje jednak wysokiej jakości i dużej miąższości skała macierzysta tego wieku. Wyjątkiem są górnokarbońskie węgle kamienne Lubelszczyzny, których dojrzałość termiczna jest zwykle zbyt niska, żeby spełniły rolę efektywnej skały macierzystej. Znaczący potencjał występowania niekonwencjonalnych złóż gazu ziemnego jest natomiast przez autorów wiązany z utworami dewonu górnego i karbonu w strefach przedgórskich waryscyjskiego orogenu w zachodniej i południowej Polsce. Te potencjalne obszary poszukiwawcze z różnych powodów pozostają obecnie jeszcze słabo rozwiercone.

W basenie górnośląskim (BG) kompleks utworów górnokarbońskich zawiera liczne i miąższe pokłady węgla kamiennego, stanowiące doskonałej jakości dojrzałą termicznie skałę macierzystą dla suchego gazu ziemnego. W najgłębszych strefach BG są one pogrzebane do maksymalnej głębokości ok. 4500–5000 m. Piaskowce przewarstwiające się z węglami i mułowcami wraz ze wzrastającą głębokością tracą przepuszczalność i porowatość i poniżej 2500–3000 m pozostają zazwyczaj zwięzłe (*tight*). Dla tej części basenu sugerowana jest możliwość występowania nasycenia gazem spągowej części profilu piaszczystych utworów karbonu górnego o miąższości nawet do kilkuset metrów, związanego z mechanizmem zatrzymywania przepływu gazu przez niską przepuszczalność (*permeability jail*). Proponowana koncepcja zakłada możliwość występowania w głębokich partiach BG (ok. 3500–4500 m p.p.t) typowego sytemu gazowego centralnych stref basenu (*Basin Centered Gas System*). Koncepcja ta pozostaje niezweryfikowana, gdyż w tej części BG najgłębsze otwory wiertnicze sięgają jedynie do głębokości rzędu 1500–2500 m. Głównym elementem ryzyka poszukiwawczego w tym przypadku jest słabo określony czas generowania gazu ziemnego (karboński bądź mezozoiczny), z czym wiąże się ryzyko odgazowania górotworu. Kolejne elementy ryzyka poszukiwawczego są związane z brakiem materiału rdzeniowego, brakiem pomiarów porowatości i przepuszczalności dla potencjalnie zbiornikowych piaskowców na właściwych głębokościach występowania (tj. 3500–4500 m).

Niżej, w profilu stratygraficznym BG, jak również na obszarach dalej ku zachodowi (strefa morawsko-śląska; SMŚ) utwory dewonu górnego i karbonu dolnego są prawdopodobnie wykształcone jako bogate w substancję organiczną dużej miąższości homogeniczne łupki. Oboczne rozprzestrzenienie facji łupków, bogatych w substancję organiczną, jest oparte na regionalnym modelu facjalnym. Z powodu braku głębokich otworów wiertniczych we właściwych lokalizacjach, koncepcja ta pozostaje na części obszaru niezweryfikowana. Na północ od BG jest ona lokalnie dokumentowana danymi z otworów wiertniczych w rejonie Koziegłów. Z badań laboratoryjnych wynika, że zawartość TOC wynosi 2–5% i że jest to II typ kerogenu. Regionalny model dojrzałości termicznej pozwala przypuszczać, że formacja ta znajduje się na całym obszarze występowania w oknie gazu suchego. Może ona być zatem brana pod uwagę jako fomacja zawierająca gaz łupkowy i jednocześnie jako konwencjonalna skała macierzysta.

Dalej ku północnemu zachodowi od BG i SMŚ, w rejonie monokliny przedsudeckiej (MP) dolnokarboński (górny wizen – namur A) flisz (facje kulmu) jest nasunięty na płytę przedpola. Obszar ten stanowi klasyczną prowincję naftową z suchym, bogatym w azot gazem ziemnym, akumulowanym w zbiornikowych piaskowcach czerwonego spągowca. Zwięzłe, piaszczyste utwory fliszowe lokalnie zawierają akumulacje gazu zamkniętego (rejon Sicin). Skałę macierzystą stanowią w tym przypadku łupki fliszowe o średniej zawartości TOC 2,0–2,5%, rozprzestrzenione na odcinku profilu o miąższości kilkuset metrów, przewarstwiające się ze zbiornikowymi piaskowcami. Dojrzałość termiczna łupków w tej strefie odpowiada zakresowi gazu suchego (1,3–1,8% R_o). Koncepcja ta, pierwotnie zaproponowana na podstawie wyników badań uzyskanych z historycznych otworów wiertniczych, obecnie została potwierdzona w rezultatach nowego, pionowego otworu wiertniczego (otwór jeszcze nietestowany). W odniesieniu do tej koncepcji poszukiwawczej głównymi elementami ryzyka są zarówno intensywność deformacji tektonicznych górotworu (pas nasuwczo-fałdowy), niepewna oboczna kontynuacja strefy perspektywicznej, jak również słabe właściwości petrofizyczne skały zbiornikowej. Podobny typ utworów kontynuuje się na znacznych obszarach zachodniej i południowej Polski, w tym w omawianych powyżej BG i SMŚ.

W strefie MP pre-filszowe bogate w substancję organiczną i kaolinit łupki najniższego karbonu (ekwiwalent formacji z Łobżonki) zdeponowane na dolnej płycie mogą być brane pod uwagę jako cel poszukiwań gazu łupkowego. Łupki te, z którymi współwystępują również kwarcyty, zostały zdeponowane na pasywnym brzegu Laurusji. Z uwagi na podatną reologię stanowiły one jeden z poziomów odkucia w czasie ruchów nasuwczych. W efekcie występują one zarówno w pozycji autochtonicznej na dolnej płycie, jak również są tektonicznie inkorporowane w obręb wyżej leżących płaszczowin. Cechy tej formacji, takie jak: wysoka zawartość TOC, duża miąższość, która może sięgać nawet powyżej 1000 m, dobre właściwości geomechaniczne, duże lateralne rozprzestrzenienie oraz lokalnie dojrzałość w zakresie okna gazu suchego, sprawiają, że jest możliwym celem poszukiwań gazu łupkowego. Zazwyczaj duża jej głębokość zalegania, jak i znaczący stopień deformacji tektonicznych górotworu stanowią czynniki ograniczające ten potencjał . Formacja ta jest tu ponadto interpretowana jako bardziej prawdopodobna skała macierzysta dla gazu ziemnego występującego w czerwonym spągowcu, niż wcześniej brane w tym względzie pod uwagę łupki fliszowe MP, bądź płaty karbonu węglonośnego stwierdzane na północny wschód i wschód od MP.

Charakterystyka petrograficzna, mineralogiczna oraz zdolności sorpcyjne CO_2 i CH_4 wybranych wczesnopaleozoicznych łupków mułowcowych z basenu bałtyckiego pod kątem możliwości sekwestracji CO_2

Piotr Słomski[1], Jacek Szczepański[1], Marcin Lutyński[2], Miguel Angel Gonzalez Gonzalez[2], Katarzyna Komorowska[3], Rafał Kubik[3], Karol Spunda[3], Arkadiusz Derkowski[4], Tomasz Topór[4]

[1] Uniwersytet Wrocławski, Instytut Nauk Geologicznych
pl. Maksa Borna 9, 50-205 Wrocław

[2] Politechnika Ślaska, Instytut Eksploatacji Złóż, Wydział Górnictwa i Geologii
ul. Akademicka 2, 44-100 Gliwice

[3]Wrocławskie Centrum Badań EIT+
ul. Stabłowicka 147, 54-066 Wrocław

[4] Polska Akademia Nauk, Instytut Nauk Geologicznych
ul. Senacka 1, 31-002 Kraków

piotr.slomski@ing.uni.wroc.pl

Sekwestracja CO_2 jest istotna zarówno z ekologicznego, jak i ekonomicznego punktu widzenia. Znajomość tego procesu jest niezbędna przy wspomaganym wydobyciu węglowodorów oraz planowaniu ograniczania emisji gazów cieplarnianych.

Wiele prac poświęcono sekwestracji CO_2 do różnych typów skał i struktur geologicznych. Jednym z kluczowych elementów jest poznanie chemicznych, petrograficznych, mineralogicznych i petrofizycznych cech ośrodka, do którego gaz ma być zatłaczany. Wymaga to zastosowania różnych technik badawczych i zmierzenia się z problemem analiz w skali od nanometrów po milimetry, których wyniki powinny dać się wykorzystać w skali całego otworu wiertniczego.

Wczesnopaleozoiczne gazonośne łupki mułowcowe z basenu bałtyckiego, należące do formacji: Sasina, Pasłęka i Pelplina, są przykładem szczególnie wymagającego ośrodka skalnego. Została wykonana charakterystyka petrograficzna, mineralogiczna i strukturalna 13 próbek łupków gazonośnych z basenu bałtyckiego. Dla wszystkich wykonano opisy petrograficzne, mineralogiczne, analizę chemiczną całej skały, ilościowe pomiary XRD, pomiary porowatości, a także pomiary sorpcji CO_2 i CH_4. Dla wyselekcjonowanej próbki dodatkowo wykonano analizy 3D z zastosowaniem techniki FIB-SEM. Jest to pierwszy krok do określenia możliwości sekwestracji dwutlenku węgla do tych skał i przewidywania ewentualnych efektów będących następstwem tego procesu.

Klasyczne opisy płytek cienkich pozwalają jedynie ogólnie scharakteryzować cechy strukturalne i teksturalne skał. Szkielet ziarnowy badanych próbek składa się z kwarcu, skaleni, muskowitu i biotytu oraz węglanów (reprezentowanych zarówno przez kalcyt, jak i dolomit) tworzących cienkie laminy lub wąskie soczewki. Matrix opisywanych skał tworzy mieszani-

na minerałów ilastych oraz chlorytu. Głównym minerałem nieprzezroczystym jest piryt, który często tworzy fromboidalne skupienia.

Porowatość badanych próbek, analizowana za pomocą metody Dual Liquid Porosity, mieści się w przedziale wartości od 4,6 do 9,1% dla wody dejonizowanej oraz w przedziale od 2,8 do 7,9% dla nafty. Dodatkowo zastosowano obrazowanie w wysokiej rozdzielczości przy użyciu mikroskopu Helios NanoLab (SE, BSE) wraz z systemem do automatycznej analizy mineralogicznej opartym na detektorach EDS (system QEMSCAN). Badania te pozwoliły na określenie porowatości, składu mineralnego, tekstury, wielkości ziaren oraz charakterystyki systemu porów zarówno w dwóch, jak i trzech wymiarach. Analizę przestrzeni porowej wykonano techniką polegającą na ścinaniu warstw skoncentrowaną wiązką jonów i zapisu obrazów uzyskanych dla każdej z odsłanianych warstw (FIB-SEM). Następnie uzyskane wyniki porównano z rezultatami osiągniętymi za pomocą metod WIP i KIP.

W celu określenia właściwości zbiornikowych łupków gazonośnych przeprowadzono szereg testów sorpcji zarówno CH_4, jak i CO_2. Badania prowadzono dla wartości temperatur odpowiadających warunkom *in situ*, tj. 80°C oraz ciśnienia do ok. 25 MPa. Uzyskane wyniki pozwalają oszacować teoretyczną pojemność sorpcyjną, która jest o około jeden rząd wielkości mniejsza niż w przypadku węgla kamiennego. Do wyników eksperymentalnych dopasowano dwu- i trójparametrowy model sorpcji Langmuira, uzyskując wysokie wartości korelacji.

Badania wykonano w ramach grantu NCBiR: SHALESEQ.POL-NOR/234198/100/2014.

Charakterystyka geologiczna oraz potencjał zasobowy złóż węgla brunatnego południowo-zachodniej Wielkopolski

Paweł Urbański[1], Marek Widera[2]

[1] Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

[2] Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Instytut Geologii
ul. Maków Polnych 16, 61-606 Poznań

pawel.urbanski@pgi.gov.pl, widera@amu.edu.pl

W naszym kraju rozpoznano ponad 150 złóż węgla brunatnego i obszarów węglonośnych, udokumentowano ponad 20 mld ton zasobów w złożach pewnych, ponad 60 mld ton w zasobach oszacowanych, a możliwości występowania paliwa na obszarach potencjalnie węglonośnych ocenia się na 140 mld ton. Ze względu na ilość, jakość i dostępność zasobów można przyjąć, że węgiel brunatny będzie pełnił rolę strategicznego paliwa w polskiej energetyce przez co najmniej 50 lat.

Złoża węgla brunatnego południowo-zachodniej Wielkopolski z zasobami bilansowymi wynoszącymi łącznie prawie 10 mld ton powinny stanowić bazę surowcową, zapewniającą bezpieczeństwo energetyczne Polski. Występujący w nich węgiel brunatny jest w całości węglem energetycznym dobrej jakości, a znaczna część jego zasobów spełnia także kryteria dla węgla brykietowego i wytlewnego. Są to złoża wielopokładowe, przy czym znaczenie gospodarcze mają jedynie I pokład środkowopolski i II pokład łużycki. Znaczna odległość od istniejących zakładów energetycznych, a więc wysokie koszty dystrybucji, czynią transport węgla nieopłacalnym. Z kolei ten sam czynnik w przypadku utworzenia nowego zagłębia górniczo-energetycznego spowodowałoby obniżenie kosztów przesyłu energii do ośrodków położonych w jego rejonie. Brak konfliktu potencjalnej eksploatacji ze środowiskiem jest dodatkowym atutem na rzecz podjęcia ewentualnej działalności eksploatacyjnej na obszarze omawianego kompleksu złożowego. Złoża węgla brunatnego południowo-zachodniej Wielkopolski jak na razie nie cieszą się wielkim zainteresowaniem, jednak zdaniem autora należy uznać je za jedne z bardziej wartościowych złóż węgla brunatnego w Polsce i z tego powodu powinny być objęte rzeczywistą ochroną złóż oraz (ze względów ekonomicznych) chronione przed rozwojem innego rodzaju działalności inwestycyjnej.

Symulacyjne określenie możliwości pozyskiwania gazu ziemnego z głębokich poziomów wodonośnych z wykorzystaniem sekwestracji CO_2

Marcin Warnecki, Andrzej Gołąbek

Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział w Krośnie
ul. Armii Krajowej 3, 38-400 Krosno

warnecki@inig.pl, golabek@inig.pl

Zagadnienia związane z pozyskiwaniem gazu ziemnego, zawartego w głębokich solankowych poziomach wodonośnych, charakteryzują się stosunkowo krótką historią poznawczą. Co prawda już w latach trzydziestych XX wieku w Japonii (Marsden, Kawai, 1965) i we Włoszech (Reeves, 1953) prowadzono przemysłowe pozyskiwanie takiego gazu poprzez separację wydobywanej nasyconej gazem solanki, jednak stosowane wówczas technologie nie odpowiadały wymogom bezpieczeństwa środowiskowego i zostały prawnie zakazane.

W latach 70. ubiegłego wieku polskie środowisko naftowe zastanawiało się, dlaczego po północnej stronie wału wolsztyńskiego monokliny przedsudeckiej zasoby gazu wielu odkrytych złóż są zdecydowanie mniejsze niż w części południowej. Opisywane szeroko w literaturze przedmiotu warunki genezy gazów węglowodorowych, ich drogi migracji i cechy skały zbiornikowej były odpowiednie do akumulacji dużej ilości węglowodorów w omawianym rejonie. Odpowiedź znaleziono dosyć szybko – nie było wystarczająco dużych form strukturalnych, do których gaz mógłby się swobodnie wydzielić (Karnkowski, 1979). W istniejących warunkach doszło jedynie do uformowania się małych złóż, natomiast ogromne ilości gazu pozostały zakumulowane w wodach złożowych – rozległych poziomach wodonośnych podścielających złoża gazu. Obecne złoża można zatem przyrównać do małych soczewek gazu znajdujących się w lokalnych kulminacjach ogromnej struktury wodonośnej nasyconej gazem ziemnym.

Duży nacisk jest obecnie kładziony na ograniczenie emisji gazów cieplarnianych, w tym CO_2, do atmosfery. W INiG - PIB rozpoczęto badania nad procesami rozpuszczania się ditlenku węgla w wodach złożowych, a zwłaszcza w takich, w których są rozpuszczone znaczne ilości gazu węglowodorowego. Istotną inspiracją były dotychczasowe obserwacje procesu powrotnego zatłaczania gazów kwaśnych na złożu Borzęcin, gdzie od stycznia 1996 r. rozpoczęto przedsięwzięcie składowania gazów kwaśnych, będących produktem odpadowym z instalacji oczyszczania gazu węglowodorowego. Ciekawe obserwacje poczyniono w związku ze zjawiskiem migracji gazów kwaśnych, w strefie wody podścielającej złoże gazu, a szczególnie – procesu wypierania gazu rodzimego nasycającego poziom solankowy przez zatłaczany gaz kwaśny (Lubaś i in., 1999). Badania fazowe wykonane na aparaturze PVT pozwoliły wysunąć tezę (Lubaś, Krępulec, 1999), że powinien zachodzić proces wypierania z wód złożowych rozpuszczonego w nich metanu przez zatłaczane gazy kwaśne, ze względu na znaczne różnice ich rozpuszczalności w solance. Coraz bardziej zaawansowane eksperymenty na fizycznych i symulacyjnych modelach złoża są kontynuowane do dziś. Badano m.in. procesy rozpuszczania, dyfuzji i migracji CO_2 w systemach wodonośnych nasyconych gazem ziemnym. Ce-

lem wymienionych prac jest zbadanie możliwości pozyskiwania pozabilansowych ilości gazu ziemnego, zawartych w głębokich solankowych poziomach wodonośnych, z wykorzystaniem procesu geologicznej sekwestracji CO_2.

Literatura

KARNKOWSKI P., 1979 — Formowanie się złóż gazu ziemnego na obszarze przedsudeckim. *Nafta*, **8/9**: 254–258.

LUBAŚ J. i in., 1999 — Doskonalenie technologii powrotnego zatłaczania gazów kwaśnych do zawodnionych stref złóż gazu ziemnego i poziomów roponośnych. Archiwum INiG - PIB, Kraków.

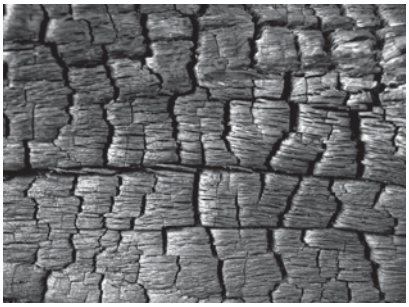
LUBAŚ J., KRĘPULEC P., 1999 — Technologia powrotnego zatłaczania gazów kwaśnych nowoczesnym sposobem zagospodarowania złóż zasiarczonych. *Nafta-Gaz*, **6**: 329–333.

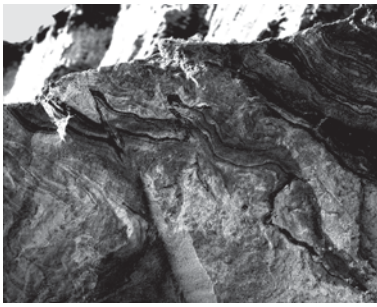
MARSDEN S.S., KAWAI K., 1965 — Suiyosei-Ten'nengasu, A Special Type of Japanese Natural Gas Deposit. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, **49**, 3: 286–295.

REEVES S.R., 1953 — Italian Oil and Gas Resources. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, **37**, 4: 625–628.

SESJA 3

ZŁOŻA RUD METALI I REE DLA ROZWOJU NOWOCZESNYCH TECHNOLOGII





Mineralizacja septariowa w konkrecjach węglanowych z lubelskiego zagłębia węglowego

Jakub Bazarnik[1], Mirosława Bazarnik[2]

[1] Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

[2] Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej
ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

jakub.bazarnik@pgi.gov.pl, mbazarnik@pk.edu.pl

Konkrecje węglanowe z mineralizacją septariową występują w wielu formacjach osadowych na całym świecie (m.in. Žáček, Frýda, 1995; Astin, Scotchman, 1988). Obecność takich konkrecji została stwierdzona na etapie rozpoznania i dokumentowania złóż węgla również w Lubelskim Zagłębiu Węglowym (LZW). Wśród licznych odmian konkrecji węglanowych występujących w profilu LZW zaobserwowano obecność dużych sferosyderytów septariowych.

Sferosyderyty LZW wykazują strukturę septariową z promieniście rozchodzącymi się spękaniami wypełnionymi mineralizacją (Bazarnik, 2007). Do minerałów tworzących wtórną asocjację występującą w szczelinach septariowych należą: węglany, siarczki, siarczany, fosforany, kaolinit, a także kwarc.

Dominującymi wtórnymi węglanami są kalcyt i dolomit, podrzędnie występują minerały z szeregu izomorficznego syderyt–magnezyt. Wśród minerałów z tego szeregu można wyróżnić dwie odmiany: typu pistomesyt–metisyt (o dużej zawartości Mg) oraz syderyt–syderoplesyt (z niewielkimi podstawieniami izomorficznymi). Minerały te najczęściej tworzą drobne, romboedryczne kryształy na brzegach szczelin. Pozostałe węglany (kalcyt i dolomit) odznaczają się podwyższoną zawartością Mn i Fe w składzie chemicznym. Dolomit tworzy niewielkie, automorficzne kryształy w brzeżnych partiach szczelin. Kalcyt natomiast tworzy duże, przejrzyste kryształy (nawet do kilku centymetrów) w centralnych częściach szczelin.

Wśród siarczków najczęściej występującym minerałem jest piryt (z niewielkimi podstawieniami izomorficznymi niklu za żelazo), tworzący automorficzne kryształy (nawet do 2–3 cm) na ścianach szczelin (Bazarnik, 2007). Ponadto stwierdzono występowanie drobnych (do kilkudziesięciu mikrometrów), automorficznych kryształów brawoitu, którego skład chemiczny jest zmienny – zawartość niklu waha się w granicach 20 do 40% wag. Występuje również mileryt, który tworzy agregaty zielonożółtych, igiełkowych kryształów. Długość pojedynczych igieł dochodzi do 1,5–2 cm. Sporadycznie spotykany sfaleryt oraz chalkopiryt tworzą małe (do kilkuset mikrometrów), pojedyncze, allomorficzne kryształy wewnątrz wypełnionych szczelin septariowych. Niekiedy obserwuje się obecność kryształów (0,5–1 cm) galeny o wyraźnej, srebrzystej barwie.

W mineralizacji septariowej odnotowuje się również występowanie dwóch odmian siarczanów. Baryt tworzy duże skupienia kryształów w częściach centralnych szczelin septariowych. Celestobaryt występuje natomiast jedynie w formie małych (do 20 μm), pojedynczych kryształów.

Ponadto w szczelinach septariowych sferosyderytów z LZW występują fosforany z grupy apatytu, a także kaolinit. Apatyt występuje w formie drobnych, pojedynczych kryształów. Kaolinit tworzy charakterystyczne „drabinkowe", drobnokrystaliczne skupienia w spękaniach septariowych.

Paragenezy mineralne, występujące w spękaniach septariowych, wskazują na skomplikowany charakter genezy i sedymentacji węglanów oraz późniejszych procesów diagenezy i zmian następujących w zlityfikownym osadzie na obszarze LZW.

Literatura

ASTIN T. R., SCOTCHMAN I. C., 1988 — The diagenetic history of some septarian concretions from the Kimmeridge Clay, England. *Sediment.*, **35**, 2: 349–368.

BAZARNIK J., 2007 — Sulphides and sulphates in sphaerosiderites from the Lublin Formation (Lublin Coal Basin; Westphalian B). *Miner. Pol. – Spec. Pap.*, **31**: 65–68.

ŽÁČEK V., FRÝDA J., 1995 — Chemical composition of the sulphides accompanying the coal measures in Kladno coal district, Central Bohemia. *Bull. Czech Geol. Surv.*, **70**, 2: 81–87.

Analiza glebowa w poszukiwaniach złóż metali w klimacie pustynnym, południowa Mongolia

Tomasz Ćwiertnia, Władysław Zygo, Adam Piestrzyński, Jadwiga Pieczonka

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

piestrz@geolog.geol.agh.edu.pl

Poszukiwania złóż surowców metalicznych na terenie południowej Mongolii miały miejsce w latach 2007–2013. Na obszar poszukiwań składają się utwory obejmujące zmetamorfizowane – w warunkach facji zieleńcowej – oraz niezmetamorfizowane skały osadowe, podrzędnie wulkaniczne, wulkanoklastyczne wieku kambr–sylur. Lokalnie występują karbońskie i permskie granity oraz sylurskie i dewońskie plagiogranity (Badarch i in., 2002; Helo i in., 2006).

W trakcie jednego z wyjazdów wykonano zdjęcie pedogeochemiczne wycinka obszaru na potrzeby dalszych prac poszukiwawczych (pobrano 1471 próbek). Na podstawie otrzymanych wyników wykonano konturowe mapy rozmieszczenia Cu, Zn, Pb, As, Mn, Rb i Sr, oraz określono strefy o podwyższonych zawartościach wymienionych pierwiastków. Podczas analizy wyników, ze względu na pustynny klimat, należało wziąć pod uwagę słabe wykształcenie profilu glebowego oraz prawdopodobnie jego dużą zmienność na małych odległościach (Vernheye, 2009). Do ustalenia tła geochemicznego dla elementów Cu, Zn i As użyto metody Absolutnego Odchylenia Medianowego (MAD), natomiast ze względu na ograniczenia tej metody, do obliczenia tła dla Pb i Ni użyto metody średniej ważonej +2*odchylenie standardowe (Reimann i in., 2005).

Uzyskane wyniki pozwoliły na określenie kilku stref o podwyższonych zawartościach Cu, Zn, Pb i As, w których były możliwe do zaobserwowania paragenezy Cu-Zn-As i Zn-Pb. W pobliżu obszaru poszukiwań zidentyfikowano mineralizacje typu masywnych siarczków (VMS/SEDEX) oraz typu porfirowego Cu-Au, co jest przesłanką do dalszych badań. W obrębie badanego obszaru stwierdzono obecność skał ultrazasadowych, fragmentami zmetamorfizowanych, z charakterystyczną asocjacją kruszcową o składzie, chalkopiryt, piryt, pirotyn, pentlandyt, hazlewodyti milleryt i polidymit.

Prace sfinansowano z grantu AGH nr 11.11.140.320.

Literatura

BADARCH G., CUNNINGHAM W.D., WINDLEY B.F., 2002 — A new terrane subdivision for Mongolia: implications for the Phanerozoic crustal growth of Central Asia. *J. Asian Earth Sci.*, **21**: 87–110.

HELO C., HEGNER E., KRÖNER A., BADARCH G., TOMURTOGOO O., WINDLEY B.F., DULSKI P., 2006 — Geochemical signature of Paleozoic accretionary complexes of the Central Asian Orogenic Belt in South Mongolia: Constrains on arc environments and crustal growth. *Chem. Geol.*, **227**: 236–257.

REIMANN C., FILZMOSERB P., GARRETT R.G., 2005 — Background and threshold: critical comparison of methods of determination. *Sci. Total Environ.*, **346**: 1–16.

VERNHEYE W., 2009 — Soils of arid and semi-arid areas. *W*: Encyclopedia of Land use, land cover and soil sciences. EOLSS Publishers Company Limited.

Złoża antropogeniczne a nagromadzenia metali w osadnikach poflotacyjnych. Możliwości i ograniczenia

Agata Duczmal-Czernikiewicz[1], Jarosław Suchan[2]

[1] Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Instytut Geologii
ul. Maków Polnych 16, 61-606 Poznań

[2] KGHM Rudna
ul. Dąbrowskiego 50, 59-101 Polkowice

duczer@amu.edu.pl

Osadniki po flotacji rud metali z jednej strony stanowią nieodłączny element systemu odzyskiwania składników użytecznych i składowania pozostałości tego odzysku, z drugiej strony stanowią również ważny i unikatowy system gromadzenia składników na wtórnym złożu. W myśl definicji (Nieć, 1999, 2010; Uberman, Uberman, 2007) takie nagromadzenia można nazwać złożami antropogenicznymi. Warunkiem uznania nagromadzeń kopalin w osadnikach za złoże jest taki prawny stan obszaru, który uzasadniałby działalność górniczą. W innym przypadku złoże należy uznać za potencjalne. Osadniki po flotacji rud metali mają potencjał złożowy, ze względu na nagromadzenie wielu składników mineralnych o koncentracjach bliskich koncentracjom złożowym niektórych typów genetycznych złóż. Obecnie większość osadników poflotacyjnych na świecie nie osiąga wartości pozwalającej na zakwalifikowanie ich do antropogenicznych złóż kopalin, jednak nie wszystkie dane na temat składowanych substancji są dostępne w każdym z eksploatowanych złóż. Nagromadzenia metali, takich jak np. miedź i cynk, w osadnikach poflotacyjnych powstałych w wyniku składowania pozostałości po odzysku rud polimetalicznych złóż z Polski i Portugalii, metale szlachetne w osadnikach w Chile, czy molibden w osadnikach przy złożach w Kanadzie mogłyby być interesujące ze względu na zawartość składników użytecznych. Podstawowym warunkiem jest popyt oraz dobra koniunktura na rynkach metali. Ponadto istotne są zagadnienia związane z ochroną powierzchni oraz zabezpieczeniem zasobów wody. Najważniejszym jednak elementem dostępności nagromadzonych metali jest opracowanie odpowiedniej technologii ich odzysku. W warunkach „rynku kupującego" zainteresowanie złożami antropogenicznymi o stosunkowo niskich koncentracjach metali może nie być wystarczające dla inwestorów, nawet w przypadku przychylnych uregulowań prawnych.

Literatura

NIEĆ M., 1999 — Złoże antropogeniczne. *Prz. Geol.*, **47**, 1.

NIEĆ M., 2010 — Kopaliny towarzyszące i złoża antropogeniczne, problemy definicji i wykorzystania. *Gór. Odkryw.*, **60**, 2.

UBERMAN R., UBERMAN R., 2007 — Metody wyceny wartości złóż antropogenicznych. *Gos. Sur. Miner.*, **23**, 2.

Mineralizacja Pb-Zn w Kosowie, obecna sytuacja i perspektywy

Joanna Kołodziejczyk, Jaroslav Pršek

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

asia.office@wp.pl

Północno-wschodnia część Kosowa jest położona w obrębie jednostki tektonicznej nazywanej *Vardar Zone*. W jednostce tej rozpoznano liczne złoża metali podstawowych. Główną firmą górniczą funkcjonującą w tym regionie jest *Trepça* pod zarządem *Kosowskiej Agencji Prywatyzacji*, do której należą czynne kopalnie Stan Terg, Artana, Belo Brdo i Crnac, oraz liczne inne złoża wydobywane w przeszłości (np. Kizhnica, Hajvalia). W ciągu ostatnich lat zapoczątkowano prace górnicze na złożu Drazhnje (*KosovoMetalsGroup JSC*), a także liczne międzynarodowe firmy rozpoczęły prowadzenie prac poszukiwawczych na tym obszarze. Od czasów starożytnych górnictwo i hutnictwo są główną gałęzią przemysłu tego regionu. Obecnie zasoby surowców mineralnych nadal mają ogromną wartość ekonomiczną.

Akademia Górniczo-Hutnicza, w porozumieniu z lokalnymi firmami, prowadzi prace naukowo-badawcze nad mineralizacją cynkową i ołowiową, a także badania koncentratów Pb i Zn produkowanych z rudy z działających w Kosowie kopalń (Kołodziejczyk i in., 2012). Prowadzone badania mają charakter mineralogiczny i geochemiczny. Skład chemiczny minerałów jest badany za pomocą mikrosondy elektronowej (EPMA) w Laboratorium Pierwiastków Krytycznych, działającym przy Akademii Górniczo-Hutniczej, a także za pomocą LA-ICP-MS w Bułgarskiej Akademii Nauk w Sofii.

Złoża Pb-Zn w Kosowie mają charakter metasomatyczno-hydrotermalny i są związane z neogeńską aktywnością wulkaniczną. Kilka różnych typów mineralizacji zostało odkrytych w tych złożach – skarnowa, sztokwerkowo-impregnacyjna, żyłowo-impregnacyjna, rozproszona, żyłowa oraz brekcje. Często w obrębie jednego złoża można zaobserwować kilka z tych typów. W niektórych złożach znaleziono listwenity (Crnac, Drazhnje).

Główne minerały rudne złóż z Kosowa to sfaleryt, galena, pirotyn, piryt, markasyt, bulanżeryt. Minerały płonne są reprezentowane przez kwarc i węglany. Podczas badań próbek ze złoża Stan Terg autorzy znaleźli interesującą asocjację minerałów srebra (Pršek i in., 2012), a także asocjacje minerałów bizmutu (Kołodziejczyk i in., 2014), nieznane wcześniej w Kosowie. Analizy sfalerytu z różnych złóż wykazały, że w zależności od asocjacji i złoża, zawierają do 2% Mn, 8500 ppm Sn, 1600 ppm Cd, 500 ppm In, 100 ppm Ga, i 60 ppm Hg. Galena w tych złożach może być wzbogacona w Ag i Bi, do 0,1 *apfu.* Próbki rudy z Kizhnicy, Drazhnje i Artany w szczególności są wzbogacone w minerały z grupy stanninu i mogą zawierać znaczące ilości cyny, nie tylko w sieci krystalicznej sfalerytu, lecz również w minerałach cynowych.

Mineralogiczne i geochemiczne studia nad mineralizacją w Kosowie wykazują interesujące paragenezy mineralne. Rudy Pb-Zn mają duży potencjał ekonomiczny, w szczególności sfa-

leryt, który może być ponad przeciętnie wzbogacony w mangan i kadm. Obecność minerałów srebra i bizmutu potwierdza duży potencjał złożowy, co powinno zachęcić do ponownego produkowania Ag i Bi z rudy Pb-Zn.

Badania finansowane z funduszu badań statutowych AGH nr 11.11.140.320.

Literatura

KOŁODZIEJCZYK J., PRŠEK J., QELA H., ASLLANI B., 2012 — New survey of lead and zinc ore mineralization in Kosovo. *Geology, Geophysics & Environment*, **38**, 3: 295–305.

KOŁODZIEJCZYK J., PRSEK J., ASLLANI B., MALIQI F., QELA H.,, 2014 — Bi-mineral association within the skarn ore at the Stan Terg deposit (Trepça, Kosovo). *W*: Proceedings XX Congress of the Carpathian-Balkan Geological Association, September 24–26, 2014, Tirana, Albania. Special Issue, General Sessions, 2: 196.

PRŠEK J., KOŁODZIEJCZYK J., QELA H., ASLLANI B., MIKUS T., 2012 — Silver-bearing minerale at Stan Terg Pb-Zn Deposit, Republic of Kosovo. *Acta Miner.-Petrogr.*, *Abstr. Ser.*, **7**: 114.

Współczesne wyzwania i ograniczenia w rozwoju górnictwa morskiego

Łukasz Maciąg, Dominik Zawadzki, Ryszard Andrzej Kotliński

Uniwersytet Szczeciński, Instytut Nauk o Morzu, Zakład Geologii Morza
ul. A. Mickiewicza 18, 70-383 Szczecin

lukasz.maciag@univ.szczecin.pl, dominik.zawadzki@univ.szczecin.pl, ryszard.kotlinski@univ.szczecin.pl

Wzrost znaczenia górnictwa (pod)morskiego (ang. *seabed mining, seafloor mining, marine mining, deep sea mining*) w skali globalnej gospodarki surowcowej ostatnich dekad staje się coraz bardziej zauważalny. Dotyczy on zarówno światowych potęg gospodarczych (m. in. USA, Chiny, Japonia, Australia), jak i krajów dynamicznie rozwijających się (np. Indie, Brazylia), czy też uchodzących w opinii zachodu za nisko rozwinięte i nieutożsamianymi z działalnością górniczą (np. Kiribati, Nauru, Tonga).

Górnictwo morskie obejmuje obecnie wydobycie surowców, ze szczególnym uwzględnieniem:
a) złóż rozsypiskowych (kopalin mechanogenicznych) strefy pływowej (*shallow-water mining*) bogatych w:
– minerały ciężkie (głównie Ti, Sn, Au i Pt);
– diamenty, kamienie szlachetne;
– perły, korale i bursztyn;
a także kopalin chemogenicznych, do których zalicza się sole i fosforyty;
b) złóż ropy i gazu ziemnego, położonych w obrębie szelfu i obrzeża kontynentalnego (*mid-water mining*),
c) złóż polimetalicznych, zlokalizowanych głównie w obrębie basenów oceanicznych, gór podmorskich oraz łuków wysp wulkanicznych (*deep-water mining*) (Conwell, 1976; Depowski i in., 1998; Rona, 2002; Mizerski, Szamałek, 2009; Kotliński, 2011).

Stale rosnące zainteresowanie gospodarcze kopalinami mórz i oceanów jest stymulowane głównie powolnym, systematycznym wyczerpywaniem się tradycyjnie rozumianej bazy zasobowej na lądach, licznym utrudnieniom (geograficznym, demograficznym) w dostępie do strategicznych grup surowców, nierównomiernym dostępem poszczególnych państw do wybranych grup kopalin użytecznych oraz dynamicznym postępem technologicznym w zakresie prowadzenia prac *offshore* (Cook, 1974; Conwell,1976; Clark, Clark, 1986; Littleboy, Boughen 2007; Tsamenyi i in., 2007; Parr, 2008; Rona, 2008; Kotliński, 2011).

Największe współczesne problemy rozwoju górnictwa morskiego są związane przede wszystkim:
a) ze skomplikowanymi aspektami prawno-administracyjnymi prowadzenia prac geologiczno-górniczych i samymi procesami wydobycia w obrębie różnych jednostek podziału terytorialnego wód morskich i oceanicznych;
b) z brakiem precyzyjnie wytyczonych granic geologicznych niektórych basenów morskich i oceanicznych oraz innych jednostek lub rozbieżności w ocenie przebiegu tych granic, w stosunku do przebiegu granic państwowych;

c) z ciągłym brakiem niskonakładowych wydajnych technologii, związanych z eksploatacją kopalin położonych na znaczących głębokościach, ich wstępną przeróbką oraz, w wielu przypadkach, znacznym oddaleniem od potencjalnych zakładów przeróbczych;
d) niskimi cenami rynkowymi oraz znacznymi wahaniami cen niektórych grup surowców (m.in. surowców skalnych i chemicznych, węgli, ropy naftowej i gazu ziemnego);
e) z odkryciami i zagospodarowaniem nowych złóż lądowych, które są eksploatowane z wykorzystaniem tańszych i mniej skomplikowanych technologii (recycling, górnictwo miejskie, obszary podbiegunowe i polarne);
f) z niepewnością związaną z rozbieżnością ocen oddziaływania górnictwa morskiego na środowisko (m.in. zniszczenie strefy brzegowej, degradacja łowisk);
g) z brakiem przyzwolenia niektórych społeczeństw na ekonomicznie uzasadnioną działalność górniczą prowadzoną w strefie brzegowej, wywołanym przez tzw. terroryzm ekologiczny (Earney, 2005; Littleboy, Boughen, 2007; Abramowski, Kotliński, 2011; Rosenbaum, 2011).

Literatura

ABRAMOWSKI T., KOTLIŃSKI R.A — Współczesne wyzwania eksploatacji oceanicznych kopalin polimetalicznych. *Górnictwo i Geoinżynieria*, **4**, 1: 41–62.

CLARK A. L., CLARK J.C., 1986 — Marine Metallic Mineral Resources of the Pacific Basin. *Marine Resources Economics*, **3**, 1: 45–62.

CONWELL C.N., 1976 — Progress and prospects in marine mining in Alaska. State of Alaska Department of Natural Resources, Information Circular 22.

COOK P.J., 1974 — Minerals from the Oceans. Bureau of Mineral Resources, Canberra.

DEPOWSKI S., KOTLIŃSKI R.A., RÜHLE E., SZAMAŁEK K., 1998 — Surowce mineralne mórz i oceanów. Wydaw. Nauk. „Scholar", Warszawa.

EARNEY F.C.F., 2005 — Marine mineral resources. Routledge, New York.

KOTLIŃSKI R.A., 2011 — Pole konkrecjonośne Clarion-Clipperton – źródło surowców w przyszłości. *Górnictwo i Geoinżynieria*, **4**, 1: 195–214.

LITTLEBOY A., BOUGHEN N., 2007 — Exploring the social dimensions of an expansion to the seafloor exploration and mining industry in Australia. Synthesis Report, CSIRO Wealth from Oceans Flagship. Report P2007/917, North Ryde, NSW.

MIZERSKI W., SZAMAŁEK K., 2009 — Geologia i surowce mineralne oceanów: 103–196. Wydaw. Nauk. PWN, Warszawa.

PARR J., 2008 — Australia's offshore seafloor exploration and mining industry – opportunities and challenges. *Preview*, **135**: 12–13.

RONA P.A., 2002 — Marine minerals for the 21st Century. *Episodes*, **25**: 2–12.

RONA P.A., 2008 — The changing vision of marine minerals. *Ore Geology Reviews*, **33**: 618–666.

ROSENBAUM H., 2011 — Out of Our Depth, Mining the Ocean Floor in Papua New Guinea [http://www.deepseaminingoutofourdepth.org/resources].

TSAMENYI M., KAYE S., MFADWO K., 2007 — Exploring the social dimensions of an expansion to the seafloor exploration and mining industry in Australia: A desktop study of international and selected country experiences. *W*: CSIRO-ANCORS (red. Johns S., Boughen N.). University of Wollongong.

Nowe dane o mineralizacji tellurowo-bizmutowej ze strefy kontaktu bloku małopolskiego z blokiem górnośląskim

Stanisław Z. Mikulski, Marek Markowiak, Grzegorz Zieliński, Leszek Giro

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

stanislaw.mikulski@pgi.gov.pl

Tellur jest zaliczany w Unii Europejskiej do pierwiastków krytycznych, a w perspektywie do 2020 r. jego popyt ma wzrosnąć prawie 3-krotnie w stosunku do podaży. Spowodowane to ma być głównie stałym wzrostem zapotrzebowania w przemyśle paneli słonecznych oraz przy produkcji nośników informacji. Również znaczenie bizmutu ze względu na szerokie zastosowanie w metalurgii, elektronice i przemyśle chemicznym stale rośnie. W Polsce obydwa te pierwiastki nie są odzyskiwane w procesach technologicznych. Rozpoznanie Te i Bi pod względem mineralogicznym w różnych formacjach metalogenicznych w Polsce jest coraz powszechniejsze ze względu na aplikacje nowoczesnego sprzętu badawczego w badaniach surowcowych. W PIG-PIB szczegółowe badania składu chemicznego rzadkich minerałów kruszcowych zostały przeprowadzone przy użyciu mikroskopu polaryzacyjnego i nowoczesnej mikrosondy rentgenowskiej typu CAMECA SX-100 połączonej z mikroskopem elektronowym. W wyniku tych prac rozpoznano szereg minerałów Te i Bi w utworach prekambryjsko-paleozoicznych strefy granicznej pomiędzy blokami małopolskim i górnośląskim. Paragenezy mineralne, zawierające minerały Te i Bi, stwierdzono w trzech rejonach: Myszków (otwory wiertnicze: Pz-10, Pz-38, Pz-40 i 82-Ż), Żarki-Kotowice (otwór 144-Ż) oraz Mysłów (otwór 25-WB). Rozpoznano w tych otworach tellurki Ag (głównie hessyt) i Bi (głównie tellurobizmutyt i hedleyit), minerały bizmutu (Bi rodzimy, bismutynit), siarkobizmutki Pb (np. cosalit), minerały srebra (argentyt), siarkosole Cu, Pb, Bi, Te (np. emplektyt, tetradymit, gustavit, pilsenit i in.).

Obecność mineralizacji tellurkowej w paragenezie z mineralizacją bizmutową wraz z siarkosolami (Ag-Bi-Te-Pb-Se-S) występuje w asocjacji z siarczkami metali podstawowych w strefach brzeżnych wokół mineralizacji porfirowej typu Mo-Cu(-W) związanej z wapniowo-alkalicznymi intruzjami granitoidowymi i dajkami porfirowymi (o wieku ok. 300 mln lat). Mineralizacja Te-Bi jest zlokalizowana peryferycznie w stosunku do jądra z wysokotemperaturową mineralizacją molibdenitową.

Weryfikacja stanu wiedzy o mineralizacji metalami ziem rzadkich (REE) wraz z pilotażową oceną ich perspektyw złożowych w Polsce (z wyłączeniem kratonu wschodnioeuropejskiego)

Stanisław Z. Mikulski[1], Sławomir Oszczepalski[1], Paweł Brański[1], Andrzej Chmielewski[1], Regina Kramarska[2], Wiesław Kozdrój[3], Marek Markowiak[4], Katarzyna Sadłowska[1], Mateusz Damrat[2]

[1] Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

[2] Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Geologii Morza
ul. Kościerska 5, 80-328 Gdańsk

[3] Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Dolnośląski
al. Jaworowa 19, 53-122 Wrocław

[4] Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Górnośląski
ul. Królowej Jadwigi 1, 41-200 Sosnowiec

stanislaw.mikulski@pgi.gov.pl

Kluczowe znaczenie we współczesnej produkcji przemysłowej ma wykorzystanie pierwiastków rzadko tworzących nagromadzenia o charakterze złożowym, o dużym znaczeniu dla gospodarki krajów UE. Wiele z tych pierwiastków uznano za krytyczne dla rozwoju gospodarczego krajów UE (Nb, Ta, REE oraz Sb, Be, Co, Ga, Ge, In, Mg, PGE, W, fluoryt, grafit) lub deficytowe (np. Al, Cr, Zn, Mn, Mo, Ni, Re, Te, V, Fe, Se, Ag, Hf, Cd). Z tych względów surowce te są przedmiotem licznych analiz rynkowych, jak również prac prospekcyjnych. Obecnie na świecie jest prowadzonych ponad 300 projektów rozpoznawczo-dokumentacyjnych złóż REE. Pomimo jednak wielu rozpoznanych wystąpień z mineralizacją REE, ich ekstrakcja z minerałów użytecznych jest skomplikowana i stanowi wyzwanie do opracowania odpowiedniej technologii odzysku. Przewiduje się, że zaledwie kilka z prowadzonych projektów zakończy się pełnym sukcesem, tj. uruchomieniem eksploatacji rud REE.

W okresie 2013–2014 w PIG-PIB zostały przeprowadzone pilotażowe badania prospekcyjne z wykorzystaniem przenośnego spektrometru XRF Delta firmy Olympus oraz analityki chemicznej pod kątem zbadania koncentracji REE w skałach różnych jednostek geologicznych w Polsce (Sudety, monoklina przedsudecka, blok małopolski, blok górnośląski, Góry Świętokrzyskie), a także w obrębie ławic bałtyckich. Dokonano podsumowania obecnego stanu wiedzy na temat występowania REE w obrębie wymienionych obszarów oraz wykonano pilotażową ocenę perspektyw złożowych. Wykonano kilka tysięcy pomiarów koncentracji REE za pomocą przenośnego spektrometru XRF oraz pobrano ponad 200 próbek do prac analitycznych, z których ok. 100 zbadano w laboratorium chemicznym PIG-PIB w Warszawie – metodą ICP-MS. W wyniku przeprowadzonych prac potwierdzono obecność podwyższonych koncentracji REE w Sudetach (Markocice, Piława Górna, Szklarska Poręba i in.) oraz w niektórych interwałach klastycznych utworów jurajskich i permskich oraz w piaskach morskich. W kilku próbkach została przeprowadzona wstępna analiza jakościowa głównych nośników mineralizacji REE z wykorzystaniem mikrosondy CAMECA. Wskazano obszary perspektywiczne do dalszych badań w zakresie koncentracji REE.

Mapy obszarów perspektywicznych rud metali i surowców chemicznych w Polsce w skali 1:200 000 wraz z ich oceną surowcową oraz ograniczeniami środowiskowymi i zagospodarowania przestrzennego

Stanisław Z. Mikulski[1], Sławomir Oszczepalski[1], Grzegorz Czapowski[1], Katarzyna Sadłowska[1], Andrzej Gąsiewicz[1], Marek Markowiak[2], Jacek Koźma[3], Eugeniusz Sztromwasser[3], Dorota Giełżecka-Mądry[4], Andrzej Chmielewski[1], Krzysztof Bukowski[5], Barbara Radwanek-Bąk[6], Małgorzata Sikorska-Majkowska[1], Anna Bliźniuk[1], Monika Piotrowska[1], Paulina Kostrz-Sikora[1]

[1] Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

[2] Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Górnośląski
ul. Królowej Jadwigi 1, 41-200 Sosnowiec

[3] Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Dolnośląski
al. Jaworowa 19, 53-122 Wrocław

[4] Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Świętokrzyski
ul. Zgoda 21, 25-953 Kielce

[5] AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

[6] Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Karpacki
ul. Skrzatów 1, 31-560 Kraków

stanislaw.mikulski@pgi.gov.pl

W ramach realizacji zadań państwowej służby geologicznej w okresie 2013–2015 wykonano opracowanie dotyczące określenia obszarów perspektywicznych dla rud metali i surowców chemicznych w Polsce. Głównym przedmiotem prac było wyznaczenie granic obszarów perspektywicznych, opracowanie ich charakterystyki oraz oszacowanie zasobów perspektywicznych dla wybranych rejonów i kopalin, wraz z oceną konfliktów środowiskowych i uwarunkowań zagospodarowania przestrzennego. W zakresie oceny ww. konfliktów opracowano ponad 100 kart uwarunkowań środowiskowych dla każdego z obszarów perspektywicznych. Przeprowadzono analizę i weryfikację dostępnych materiałów archiwalnych oraz nowych danych z wykorzystaniem podkładów map topograficznych i geologicznych. Przeanalizowano kilkaset dokumentacji geologicznych. Z zastosowaniem ArcGIS wykonano ponad 100 map (w cięciu 1:200 000) perspektyw surowcowych dla wystąpień złóż rud metali (Cu-Ag, Zn--Pb, Au, Mo-W, Sn, Ni i PGE) i surowców chemicznych (sól kamienna, sole K-Mg, siarka, gipsy i anhydryty). Opracowano opisowe modele genetyczno-ilościowe, np. dla stratoidalnych cechsztyńskich złóż Cu-Ag w południowo-zachodniej Polsce, złóż rud Zn-Pb obrzeżenia GZW, rud żyłowych złota w Sudetach, porfirowych rud Cu-Mo(-W) z obszaru kontaktu bloku małopolskiego z blokiem górnośląskim oraz wietrzeniowych rud niklu na bloku przedsudeckim. Zestawiono również typowe formy wystąpień surowców chemicznych w Polsce (pokładowe, fałdowo-pokładowe i diapirowe). Jako przykład można podać, że szacunkowe zasoby

(prognostyczne i perspektywiczne) do przyjętej głębokości spągu tych wystąpień równej 2 km wynoszą: ok. 3,9 bln Mg soli kamiennej (w 14 rejonach i 68 obszarach perspektywicznych) i ok. 3,64 mld Mg soli potasowych i potasowo-magnezowych (w obrębie 12 obszarów perspektywicznych) oraz ok. 40 mln t Cu i 75 tys. t Ag (w 12 obszarach perspektywicznych). Predykcja racjonalnego zagospodarowania przewidywanych nagromadzeń surowców mineralnych jest kluczowa dla przyszłej możliwości ich eksploatacji, przy zachowaniu zasad zrównoważonego rozwoju. Zagospodarowanie wyznaczonych obszarów perspektywicznych może mieć w przyszłości istotne znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa surowcowego nie tylko Polski, lecz także Unii Europejskiej, a przez to wpłynąć pozytywnie na wzrost gospodarczy i zasobność lokalnych społeczności.

Mineralizacja REE w rdzeniach wiertniczych z masywu Ełku (NE Polska). Możliwości identyfikacji za pomocą podręcznego spektrometru XRF

Magdalena Pańczyk, Jakub Bazarnik, Jerzy Nawrocki, Leszek Giro, Leszek Krzemiński, Grzegorz Zieliński, Ewa Krzemińska, Olga Rosowiecka

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

magdalena.panczyk@pgi.gov.pl

Głównym celem badań z użyciem podręcznego spektrometru XRF była ocena zawartości metali ziem rzadkich (REE) występujących w obrębie późnopaleozoicznej intruzji Ełku, usytuowanej w obrębie prekambryjskiego podłoża kratonu wschodnioeuropejskiego. Masyw Ełku, przykryty mezozoicznymi i kenozoicznymi skałami osadowymi, został zidentyfikowany na podstawie badań geofizycznych i potwierdzony licznymi otworami wiertniczymi (np. Ełk IG 1, Ełk IG 2, Ełk IG 3, Ełk IG 4 i in.) (Ryka, 1994; Wybraniec, Cordell, 1994).

Systematyczne i kompleksowe skanowanie XRF rdzeni wiertniczych nie było do tej pory w Polsce przeprowadzane na tak szeroką skalę. W obrębie masywu Ełku wykonano analizy chemiczne z wykorzystaniem podręcznego spektrometru XRF wszystkich dostępnych rdzeni wiertniczych z tego obszaru (ok. 6000 m bieżących rdzenia). Przeprowadzono ponad 5800 oznaczeń koncentracji wybranych pierwiastków REE. Punktowe analizy, wykonywane z krokiem pomiarowym co 1 m, pozwoliły wytypować interwały o podwyższonych zawartościach REE, takich jak: La, Ce i Y, a także towarzyszących im innych pierwiastków śladowych – Zr, Hf, U i Th. Otrzymane wyniki umożliwiły już na etapie prac terenowych identyfikację różnych paragenez mineralnych, będących nośnikami metali ziem rzadkich. Perspektywiczne interwały opróbowano do dalszych szczegółowych badań pozwalających na pełną jakościową i ilościową analizę chemiczną skał, a także na precyzyjną identyfikację minerałów pierwiastków ziem rzadkich i innych akcesorycznych faz.

Do badań użyto podręcznego spektrometru XRF Delta 50 wyposażonego w lampę rentgenowską z anodą tantalową o mocy 4W i napięciu 50kV. Parametry spektrometru (wysokie napięcie, system wielokanałowy pomiaru) umożliwiają wstępne oznaczanie La, Ce, Y i teoretycznie Nd i Pr na poziomie zawartości w ppm. Warunki pomiaru empirycznie wyznaczono na podstawie analiz proszkowych materiałów referencyjnych, standardów laboratoryjnych i analiz całych skał.

Badania wykonano w ramach tematu pt. „Ocena zawartości metali ziem rzadkich (REE) w alkalicznych skałach magmowych kratonu wschodnioeuropejskiego i ich pokrywie osadowej, metodą skanowania XRF rdzeni wiertniczych" finansowanego ze środków Ministerstwa Środowiska w ramach Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Literatura

RYKA W., 1994 — Geology and evolution of the Ełk syenite massif. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **144**: 85–120.

WYBRANIEC S., CORDELL L., 1994 — Geophisical mapping of the Ełk syenite massif. *Pr. Państ. Inst. Geol.*, **144**: 11–18.

Rozmieszczenie głównych minerałów kruszcowych w złożu rud miedzi na monoklinie przesudeckiej

Jadwiga Pieczonka, Adam Piestrzyński

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

piestrz@geolog.geol.agh.edu.pl

W celu określenia sposobu rozmieszczenia głównych minerałów kruszcowych w poziomie, w całym obszarze złożowym, w obrębie dolomitu, łupku i piaskowca wydzielono warstwy umowne według następujących założeń: złoże zostało pocięte na warstwy umowne o podobnej miąższości. Dla każdej z tych warstw wykonano mapy rozmieszczenia poszczególnych minerałów oraz mapę dominacji kruszców. Za najważniejsze warstwy uznano strop piaskowca, trzy warstwy łupkowe i spągowa warstwa dolomitu, gdyż w tej strefie zachodzą najważniejsze zmiany warunków dla powstającego okruszcowania. Mapy wykonano na podstawie wyników szczegółowych analiz ilościowych okruszcowania wykonanych dla 276 profili pionowych pobranych w wyrobiskach górniczych i 204 otworów wiertniczych z istniejących dokumentacji. W sumie w badaniach geostatystycznych wykorzystano 7070 próbek. Wielkość analizowanego obszaru wyniosła 33 × 35 km, zaś siatkę 100 × 100 m wykorzystano do wykonania map konturowych rozmieszczenia głównych minerałów siarczkowych. Przy analizie mapy występowania minerałów kruszcowych należy pamiętać, że ich rozmieszczenie na obszarze Głogowa Głębokiego oraz w północno-wschodniej i wschodniej części obszarów Lubina i Małomic jest opisywane głównie na podstawie nielicznych danych, pochodzących ze starych otworów dokumentacyjnych.

W spągu łupku ułożenie stref, w których udział poszczególnych minerałów w całkowitej ilości okruszcowania jest wyższy niż 50%, zmieniło się w niewielkim stopniu w porównaniu do wyższych warstw umownych. Chalkozyn w całym łupku utrzymuje swoją dominującą pozycję. Przebieg północno-zachodniej, północnej i północno-wschodniej granicy strefy jego występowania nie uległ zmianie. W części wschodniej nastąpiło jej nieznaczne przesunięcie w kierunku centralnej części złoża i w związku z tym zwężenie strefy chalkozynowej. Podobne zjawisko występuje przy zachodniej i południowo-zachodniej granicy tej strefy. Linia graniczna jest bardziej urozmaicona, wchodzi licznymi zatokami w głąb strefy chalkozynowej. W obrębie tej strefy są widoczne pojedyncze, na ogół małe pola, w których chalkozyn nie występuje lub jego udział jest niższy niż 10%. W niektórych z nich zaznaczają się jeszcze mniejsze pola występowania innych minerałów o udziale powyżej 50%. W rejonie Sieroszowic są to po dwa obszary występowania chalkopirytu, bornitu i kowelinu, w rejonie Polkowic po jednym obszarze bornitu, chalkopirytu i kowelinu, a na połowie obszaru Rudnej, którą obejmuje strefa chalkozynowa, dwa obszary kowelinu oraz jeden duży bornitu na granicy Głogowa Głębokiego.

W strefie ograniczającej chalkozynową od strony zachodniej, różnorodność minerałów dominujących jest niewielka. Występują one zazwyczaj w postaci niewielkich pól, w granicach strefy o małej zawartości kruszców. Jest to obszar, w którym brak jest złoża w piaskowcu, a także silne jest oddziaływanie procesów utlenienia. Najliczniejsze są pola występowania chalkopirytu, dwa z nich są widoczne w rejonie Sieroszowic, a trzy w rejonie Polkowic. Bor-

nit tworzy dwa pola w obszarze Polkowic i jedno w obszarze Sieroszowic. Ponadto w rejonie Sieroszowic są zlokalizowane dwa pola występowania kowelinu, a w rejonie Polkowic jedno pole pirytu i jedno chalkozynu.

W strefie stanowiącej wschodnią granicę chalkozynowej, największą powierzchnię zajmują pola występowania bornitu. Główne pole obejmuje prawie połowę rejonu Małomic. Dwa pozostałe lokują się na obszarze Lubina, ale jedno z nich kontynuuje się w południowo-wschodniej części obszaru Rudnej, gdzie występują ponadto dwa małe pola bornitu. Duża różnorodność minerałów kruszcowych jest widoczna w centralnej części obszaru Lubina i w północno-wschodniej części obszaru Rudnej. Na obszarze Lubina, poza bornitem, największą powierzchnię zajmują obszary występowania galeny. Ponadto występują trzy obszary z chalkopirytem i po jednym ze sfalerytem, pirytem i kowelinem. W obszarze Rudnej są to pojedyncze, izolowane pola pirytu, sfalerytem, chalkopirytu i kowelinu. Od północno-wschodniej strony tego obszaru zaznacza się duże pole chalkopirytu. W rejonie Małomic, poza polami chalkopirytu i pirytu, zaobserwowano jedyne na całym obszarze złożowym, trzy małe obszary, w których udział tennantytu przekracza 50%.

Perspektywy zagospodarowania złoża laterytowej rudy Ni-Co na Halmaherze (Indonezja)

Krzysztof Szamałek[1,2], Gustaw Konopka[3]

[1] Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

[2] Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii
ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa

[3] Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych
ul. Postępu 9, 02-676 Warszawa

kszamale@uw.edu.pl, g.konopka@icimb.pl

Obszar centralnej Halmahery, na którym jest położony badany teren koncesji, jest miejscem występowania rozległych wychodni skał ultrazasadowych, interpretowanych jako płaszczowa część ofiolitu (Ballantyne, 1991). Skały ultrazasadowe i związane z nimi zwietrzeliny mogą być miejscem występowania wielu rodzajów złóż. Teren koncesji był badany w szczególności pod kątem występowania mineralizacji Ni-Co w zwietrzelinie skalnej.

W ramach prowadzonych prac rozpoznawczych, na najbardziej perspektywicznym centralnym obszarze koncesji, wykonano 40 płytkich (do maks. 15 m) wierceń udarowych ręczną wiertnicą Atlas Copco, z których pobrano 319 próbek. Na miejscu 3 odwiertów przygotowano następnie wkopy do głębokości maks. 8 m w celu obserwacji następstwa poziomów wietrzeniowych i rozpoznania występujących struktur geologicznych.

Pobrane próbki analizowano metodą fluorescencji rentgenowskiej w celu określenia koncentracji pierwiastków głównych i pobocznych. Badano także skład mineralogiczny i petrograficzny na pobranych próbkach sypkich i litych oraz wykonano mikroanalizy chemiczne wielu szlifów petrograficznych. W wybranych próbkach oznaczono także zawartość pierwiastków śladowych i szlachetnych.

Stwierdzono, że można wyróżnić dwa główne poziomy złożowe, tj. bogaty w żelazo limonit, występujący w wyższej części profilu wietrzeniowego i saprolit, leżący pomiędzy nim a skałą podłoża. W poziomie limonitowym występuje do ok. 1,5% Ni rozproszonego głównie we wtórnych tlenkach żelaza, a także do ok. 4% Mn i 0,6% Co. W poziomie saprolitowym stwierdzono zawartość do ok. 3% Ni, głównie w pierwotnych minerałach z grupy serpentynu oraz w garnierytach – mieszaninie wtórnych skrytokrystalicznych minerałów niklonośnych z grupy serpentynu i talku.

W ostatnich latach aktualizowane prawo geologiczne i górnicze Indonezji nakłada coraz wyższe wymagania względem inwestorów. Regulacja MoEMRR 7/2012, dotycząca wartości dodanej minerałów, weszła w życie z dniem 6 lutego 2012 r. Nakłada ona na posiadacza koncesji obowiązek przeprowadzenia procesów rafinacji na terytorium Indonezji i z nielicznymi wyjątkami zabrania eksportu nieprzetworzonego surowca. Zgodnie z tymi regulacjami od maja 2012 r. konieczne było przynajmniej wykazanie posiadania wiarygodnego planu wprowadze-

nia procesów wzbogacania. Natomiast od stycznia 2014 r. konieczne jest faktyczne przeprowadzenie takiego procesu i uzyskiwanie koncentratów/ produktów o stopniu wzbogacenia określonym w załączniku do ustawy. W przypadku wyrobów zawierających nikiel minimalne wzbogacenie mierzone jest stężeniem wagowym pierwiastka i powinno wynosić przynajmniej 16% w przypadku stopu żelazoniklu oraz minimum 6% w przypadku surówki hutniczej typu *pig iron* i 4% w przypadku produktu typu *sponge*. Jeśli podmiotem eksploatującym złoże jest inwestor zagraniczny musi on współdziałać z partnerem reprezentującym rząd centralny lub lokalny lub też z indonezyjską firmą prywatną, która będzie posiadać co najmniej 51% udziałów od końca trwania 10 roku produkcji ze złoża (Sullivan, Teo, 2013). Wprowadzenie tych przepisów spowodowało wstrzymanie części eksportu, przez co w pierwszej połowie 2014 r. wzrosły ceny niklu, jako że Indonezja jest największym na świecie producentem laterytowej rudy Ni-Co. Wprowadzenie dodatkowych regulacji prawnych wpłynęło na wzrost kapitałochłonności nowych, szczególnie małych projektów górniczych, z których surowiec był dotychczas bez wzbogacania eksportowany do Chin. Wprowadzone przepisy mogą wpłynąć na produkcję większej ilości towarów przetworzonych w skali kraju. W 2014 r. jest planowane ukończenie 2 dużych instalacji do produkcji żelazoniklu wysokiej jakości i 7 instalacji do produkcji surówki hutniczej typu *pig iron* (Bloomberg, 2014).

Wielkość badanego złoża, którego szacowane zasoby wynoszą ok. 275 000 t Ni i 30 000 t Co nie uzasadnia budowy kosztownej instalacji do wytopu niklu metodą pirometalurgiczną w celu otrzymania 16-procentowego stopu żelazoniklu. Koszt takiego zakładu może bowiem znacznie przekroczyć 1 mld USD. Racjonalne wydaje się zastosowanie którejś z najtańszych metod wzbogacania lub sprzedaż rudy do zakładu pirometalurgicznego, który jest budowany dla sąsiedniego, znacznie większego złoża Weda Bay.

Przed podjęciem ostatecznej decyzji dotyczącej zasadności eksploatacji należy także wykonać rozpoznanie złoża w wyższej kategorii, zagęszczając siatkę wierceń i wykonując pełne opróbowanie poziomu saprolitowego. Wskazane jest także uzupełnienie informacji geologicznej o badania georadarowe lub elektrooporności owe.

Literatura

BALLANTYNE P., 1991 — Petrological constraints upon the provenance and genesis of the East Halmahera ophiolite. *J. Southeast Asian Earth Sci*., **6**, 3: 259–269.

BLOOMBERG, 2014 http://www.bloomberg.com/news/2014-05-12/nine-nickel-smelters-planned-in-indonesia-this-year-after-ban.html [stan na dzień 12.05.2014].

SULLIVAN B., TEO C., 2013 — Mining law and regulatory practice in Indonesia. Wiley & Sons, Singapur.

Odpady po wzbogaceniu koncentratu kasyterytowego jako źródło metali krytycznych i pierwiastków ziem rzadkich (REE)

Krzysztof Szamałek[1,2], Gustaw Konopka[3], Karol Zglinicki[2]

[1] Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

[2] Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii
ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa

[3] Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych
ul. Postępu 9, 02-676 Warszawa

kszamale@uw.edu.pl, g.konopka@icimb.pl, k.zglinicki@student.uw.edu.pl

Produkcja koncentratu kasyterytowego na „cynowych" wyspach Bangka oraz Belitung w południowo-zachodniej Indonezji dostarcza znacznych ilości odpadów poprodukcyjnych, powstałych w wieloetapowym procesie wzbogacenia rudy.

Tailing – odpad, bogaty w minerały ciężkie o gęstościach mniejszych od kasyterytu (<6,8 g/cm^3).

W skład badanego tailingu wchodzą minerały stanowiące potencjalne źródło pierwiastków ziem rzadkich (REE), w szczególności monacyt, ksenotym oraz metale krytyczne: niob, tantal.

Analizy geochemiczne poszczególnych ziaren w mikroobszarze zostały wykonane za pomocą mikrosondy Cameca SX-100, znajdującej się na Wydziale Geologii Uniwersytetu Warszawskiego, natomiast sumaryczny skład pierwiastkowy koncentratów był badany za pomocą spektrometru XRF z dyspersją falową w Instytucie Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie.

Ziarna ksenotymów (YPO_4) wykazują niekiedy wyjątkową, strefową budowę wewnętrzną. Wszystkie wyniki analiz potwierdzają znaczną zawartość REE , w tym szczególnie ciężkich ziem rzadkich (HREE). W skład chemiczny fosforanu oprócz dominującego Y_2O_3 (38%) wchodzą również inne pierwiastki ziem rzadkich: Yb_2O_3 (4,73%), Er_2O_3 (5,39%), Dy_2O_3 (7,57%), Gd_2O_3 (5,36%) oraz nieznaczne ilości UO_2 (1,23%).

Badanie koncentratu monacytowego (zawierającego 90,6% monacytu $(Ce,La,Nd,Th)PO_4$) wykazało, że dominującymi pierwiastkami ziem rzadkich są: Ce_2O_3 (29,68%), La_2O_3 (13,18%), Nd_2O_3 (11,74%). W koncentracie stwierdzono także obecność ThO_2 na poziomie 7,63% oraz UO_2 – ok. 0,2%. Zbliżone wyniki otrzymano w wyniku analizy składu geochemicznego poszczególnych ziaren za pomocą spektrometru XRF z dyspersją falową. Ziarna monacytów również cechują się strefowością obserwowalną w obrazie elektronów wstecznie rozproszonych. Zaobserwowano, że jaśniejsze pola i strefy cechują się wyższą koncentracją aktynowców w stosunku do stref ciemniejszych. W obrębie stref jasnych częstsze są też wtrącenia krzemianu toru i uranu – prawdopodobnie izostrukturalnego z monacytem huttonitu (Szamałek i in., 2013).

Analizy pojedynczych ziaren kasyterytów wykazały nieznaczne domieszki metali: tantalu 0,1% Ta_2O_5 oraz niobu 0,25% Nb_2O_5. Koncentracja niobu oraz tantalu w Cynowym Pasie Azji Południowo-Wschodniej zmniejsza się w kierunku południowym (Schwartz i in., 1995). Relatywnie niska zawartość pierwiastków w badanych próbkach kasyterytów z Bangki oraz Belitung nie stanowi żadnych wartości ekonomicznych. Badania żużli powytopowych ukazują jednak znaczne zwiększenie zawartości pierwiastków ziem rzadkich oraz metali krytycznych i deficytowych (tab. 1).

Tabela 1

Skład chemiczny [% wag.] w wybranym typowym punkcie analitycznym w próbce żużla powytopowego z Bangki

Y_2O_3	4,93	Nd_2O_3	3,14
Ta_2O_5	2,63	Sm_2O_3	0,83
HfO_2	0,69	Gd_2O_3	1,16
Ce_2O_3	4,39	Er_2O_3	0,62
La_2O_3	1,08	Dy_2O_3	0,98
TiO_2	19,67	Yb_2O_3	0,5
ZrO_2	21,99	Ho_2O_3	0,11
Nb_2O_5	2,87	Lu_2O_3	0,14
ThO_2	2,53	Pr_2O_3	0,36
UO_2	0,27		

Literatura

SCHWARTZ M.O., RAJAH S.S., ASKURY A.K., PUTTHAPIBAN P., DJASWADI S., 1995 — The Southeast Asian Tin Belt. *Earth-Science Rev.*, **38**, 2–4: 95–293.

SZAMAŁEK K., KONOPKA G., ZGLINICKI K., MARCINIAK-MALISZEWSKA B., 2013 — New Potential Source of Rare Earth Elements. *Gos. Sur. Miner.*, **29**, 4: 59–76.

Ocena kosztów pozyskania uranu z dolnoordowickich łupków dictyonemowych obniżenia podlaskiego

Stanisław Wołkowicz[1], Dominik Galica[2], Natalia Dunst[2], Grażyna Zakrzewska[3], Wioleta Olszewska[3]

[1] Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

[2] Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN
ul. Wybickiego 7, 31-261 Kraków

[3] Instytut Chemii i Techniki Jądrowej
ul. Dorodna 15, 03-195 Warszawa

stanislaw.wolkowicz@pgi.gov.pl

Koncepcja rozwoju energetyki jądrowej w Polsce stawia pytanie o możliwości wytwarzania paliwa z wykorzystaniem krajowych zasobów rud uranu. Rozpoznanie obszaru Polski w aspekcie możliwości występowania rud uranu jest dobre (Miecznik i in., 2011). W żadnym z badanych obszarów nie udokumentowano jednak złóż, których zasoby uzasadniałyby podjęcie eksploatacji górniczej. Z rozważań nt. ewentualnej eksploatacji należy wykluczyć potencjalnie najbogatsze okruszcowanie uranem, występujące w skałach piaskowcowych triasu syneklizy perybałtyckiej, gdyż nie jest ono wystarczająco rozpoznane. Złoża tego typu na świecie są zazwyczaj eksploatowane metodą podziemnego ługowania, jednak do głębokości ok. 300–400 m p.p.t. (Smakowski i in., 2013). Dlatego też jako obiekt do opracowania modelu eksploatacji rud uranu wybrano dolnoordowickie łupki dictyonemowe obniżenia podlaskiego, dla których w 1979 r. opracowano zasobową dokumentację geologiczną złoża.

Mineralizacja uranowa w tym regionie jest związana z warstwą silnie zdiagenezowanych ciemnych łupków, o miąższości od kilkunastu centymetrów do 4 m (średnio ok. 2,7 m). W profilu litologicznym tej serii występują łupki czarne (1,0–1,5 m), przechodzące ku górze w łupki brunatne, w których stropie znajdują się jasnobeżowe łupki z fosforanami (ok. 5 cm). Utwory te leżą niemal płasko i są słabo zaburzone uskokami. Uran występuje przede wszystkim w łupkach czarnych, w których jego tło geochemiczne wynosi 70 ppm. Oprócz uranu w łupkach czarnych stwierdzono relatywnie wysokie koncentracje wanadu (do 1100–2000 ppm) oraz molibdenu (do 500 ppm). W łupkach brunatnych tło uranu jest dwukrotnie niższe, a wanadu nawet trzykrotnie. Głębokość występowania łupków wynosi od 400 m w części północno-wschodniej obniżenia podlaskiego, 550–650 m w rejonie złoża Rajsk, do ponad 1000–1200 m w zachodniej i południowej części tego obniżenia.

Model kopalni objął obszar udokumentowanego złoża „Rajsk" o powierzchni 16 km^2 i zasobach 5200 Mg uranu. Założono wielkość wydobycia rudy uranu niezbędnej do pozyskania 180 Mg U, co uwzględniając odzysk uranu z rudy na poziomie ok. 60–65% (Frąckiewicz i in., 2012), odpowiada ok. 285 Mg uranu w rudzie. Z uwagi na to, że charakter złoża i jego cechy górnicze są zbliżone do cechsztyńskich złóż miedzi, w obliczeniach kosztów udostępniania złoża wykorzystano dane rzeczywiste z LGOM z 2014 r. Założono funkcjonowanie kopalni przez okres ok. 20 lat. Przy uwzględnieniu wszystkich powyższych założeń obliczono, że

roczne wydobycie rudy będzie wynosiło ok. 4–4,3 mln Mg. Koszt pozyskania rudy niezbędnej do wyprodukowania 1 kg tzw. *yellow cake*, czyli produktu handlowego uranu, wyniesie ok. 3000 PLN (ok. 800 USD). Koszt ten nie uwzględnia przeróbki technologicznej wydobytych rud, które są dość wysokie z uwagi na niską zawartość uranu w rudzie oraz jego występowanie w postaci związków metaloorganicznych.

Dla porównania cena 1 kg *yellow cake* na ryku światowym wynosi ok. 75 USD/kg. Historycznie najwyższa cena tego produktu z przełomu lat 2007/2008 wynosiła ok. 175 USD/kg i miała charakter wybitnie spekulacyjny (OECD-NEA, IAEA, 2014). Opracowany model eksploatacji złoża i oparta na nim ocena kosztów pozyskania rudy uranowej z dolnoordowickich łupków dictyonemowych obniżenia podlaskiego uzasadnia stwierdzenie o nieopłacalności wydobycia uranu z tej formacji skalnej (Miecznik i in., 2013).

Literatura

FRĄCKIEWICZ K., KIEGIEL K., HERDZIK-KONIECKO I., CHAJDUK E., ZAKRZEWSKA-TRZNADEL G., WOŁKOWICZ S., CHWASTOWSKA J., BARTOSIEWICZ I., 2012 — Exstraction of uranium from low-grade Polish ores: dictyonemic shales and sandstones. *Nukleonika*, **58**, 4: 451–459.

MIECZNIK J.B., STRZELECKI R., WOŁKOWICZ S., 2011 — Uran w Polsce – historia poszukiwań i perspektywy odkrycia złóż. *Prz. Geol.*, **59**, 10: 688–697.

OECD-NEA, IAEA, 2014 — Uranium 2013: Resources, Production and Demand [http://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2014/7209-uranium-2014.pdf].

SMAKOWSKI T., WOŁKOWICZ S., MIECZNIK J.B., 2013 — Możliwe źródła zaopatrzenia w paliwo potencjalnych elektrowni jądrowych w Polsce. *W*: XXIII Konferencja: Aktualia i perspektywy gospodarki surowcami mineralnymi. *Zesz. Nauk. IGSMiE PAN*, **85**: 295–308.

Potencjał złożowy pierwiastków ziem rzadkich w Polsce na tle świata

Stanisław Wołkowicz[1], Andrzej Paulo[2], Mariusz Krzak[2]

[1] Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

[2] AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

stanislaw.wolkowicz@pgi.gov.pl

Pierwiastki ziem rzadkich zrobiły w ostatnich kilkudziesięciu latach zawrotną karierę. Ze względu na specyficzne właściwości znajdują coraz szersze zastosowanie w różnych dziedzinach przemysłu. W efekcie gwałtownego wzrostu zapotrzebowania na ich surowce, przy jednoczesnym zmonopolizowaniu produkcji i dostaw przez Chiny, nastąpił gwałtowny wzrost ich cen. Trudności w zaopatrzeniu w najwyższym stopniu dotknęły wysokorozwinięte państwa Europy Zachodniej, Japonię i USA. Stało się to impulsem do opracowania przez Komisję Europejską listy tzw. surowców krytycznych (*critical raw materials* – CRM), czyli takich, których dostawy są zmonopolizowane lub ich złoża występują w państwach niestabilnych politycznie (np. DR Kongo producent koncentratów Nb-Ta, tzw. coltanu, skąd ich import jest zakazany przez ONZ).

Do grupy pierwiastków ziem rzadkich (REE) należy zasadniczo 15 pierwiastków określanych często wspólnym mianem lantanowców o liczbach atomowych od 57 (lantan) do 71 (lutet) oraz 39 (itr). Niekiedy do REE zalicza się jeszcze skand (^{21}Sc) i itr (^{39}Y), rzadziej tor (^{90}Th). Wbrew swojej nazwie pierwiastki ziem rzadkich nie są wcale pierwiastkami rzadko występującymi w skałach skorupy ziemskiej. Sumaryczna zawartość tych 15 pierwiastków, łącznie z itrem, waha się od 149,9 (Sabot, Maestro, 1995) do 220,17 ppm (Lide, 1997). Średnie zawartości pierwiastków maleją wraz ze wzrostem liczny atomowej, lecz zawartości pierwiastków o liczbie parzystej są zawsze wyższe od sąsiadujących pierwiastków o nieparzystej liczbie atomowej. REE tworzą bardzo liczne minerały, których jest około 250, ale największe praktyczne zastosowanie ma jedynie kilka z nich. Są to: bastnaesyt, parisyt, monacyt, ksenotym i łoparyt.

W klasyfikacji złóż REE wyróżnia się dwa główne typy (Möller, 1986; Long i in., 2010):
– złoża pierwotne związane z karbonatytami, alkalicznymi skałami magmowymi, hematytowo-magnetytowych brekcji oraz pegmatyty i żyły hydrotermalne (kwarcowo-polimetaliczne, często z fluorytem);
– złoża wietrzeniowe (iły rezydualne z zaabsorbowanymi REE) i okruchowe.

Ze złóż pierwotnych są eksploatowane rudy zawierające ponad 5% REO, a w przypadku domieszkowego charakteru nieco mniej. Wyjątkiem jest złoże Chibiny, z którego koncentrat apatytowy zawiera ok. 1% REO, ale w toku przetwarzania na surowce fosforowe ulega wzbogaceniu. Spośród ok. 300 udokumentowanych złóż tego typu tylko w kilku podjęto inwestycje udostępniające. Wykazują one zasoby REO 1,5–28 mln ton przy zawartości średniej od 9,7%

w małych obiektach do 0,65% w największym z nich. Złoża rezydualne i okruchowe budzą zainteresowanie przy zawartościach powyżej 0,1–0,3% REO. Są one z natury zasobne w droższe pierwiastki tej grupy i łatwo wzbogacalne. Zasoby udokumentowane świata wystarczyłyby na ponad 1000 lat wydobycia (!) na obecnym poziomie, co jest wyjątkiem wśród surowców mineralnych.

Ocena ekonomiczna złóż REE jest wyjątkowo złożona, a o jej wyniku decyduje nie tylko wielkość zasobów i jakość rud, ale przede wszystkim koszt uzyskania koncentratu i rozdzielenia sumy niezwykle podobnych właściwościami pierwiastków na czyste człony. Nieraz wymaga to opracowania nowych, oryginalnych technologii.

W 2013 r. światowa produkcja REO wyniosła 112 000 tys. t. Godne podkreślenia jest to, że REE są pozyskiwane przede wszystkim jako kopalina towarzysząca. W największym złożu na świecie, Bayan Obo, REE towarzyszą wydobywanym rudom żelaza o zawartości 35%, w Chibinach na Półwyspie Kolskim występują w złożu apatytu, a w Łowozero w kompleksowych rudach Zr-Nb-REE z apatytem. Złoża okruchowe monacytu to przede wszystkich złoża toru (np. Chavara, Indie), a kasyterytu z ksenotymem (Perak, Malezja) są ważnym źródłem cyny. Kopalniami dostarczającymi wyłącznie REE są Mountain Pass (USA) i Mount Weld (Australia). Eksploatacja odbywa się prawie wyłącznie odkrywkowo do głębokości 100 m. Eksploatacja podziemna jest prowadzona w Elliot Lake (Kanada) wraz z uranem i w Łovozero. Na niewielką skalę prowadzi się również eksploatację glin laterytowych metodą otworową podziemnego rozmywania (złoże Longnan, Chiny).

Tabela 1

Charakterystyka ilościowa głównych typów złóż pierwiastków ziem rzadkich

Typ	Liczba złóż	Zasoby [mln t]	% REO	Przykład
Karbonatytowy	107	0,X–750	0,5–10	Mountain Pass
Intruzje alkaliczne	122	1–1000	0,5–3	Nechalacho
Iły z zaobsorbowanymi REE	> 100	0,00X–0,0X	0,03–0,35	Longnan
Laterytowy	42	0,0X–500	0,1–10	Mount Weld
Okruchowy	355	10–200	0,05–0,2	Eneabba

Na tle powyższej analizy geologiczno-gospodarczej złóż REE, perspektywy znalezienia w Polsce struktur geologicznych, w których mogą znajdować się złożowe koncentracje REE, są nader ograniczone. Sjenity nefelinowe masywu ełckiego, alkaliczno-zasadowy masyw Tajna z żyłami karbonatytów czy intruzja sjenitowa Mławy nie zawierają odpowiednio wysokich zawartości REE (Kubicki, 1987; Ryka, 1992; Paulo 1993, 1999; Krzemińska, Krzemiński, 2012), a ponadto miąższość pokrywy osadowej, wynosząca 600–2500 m, dyskwalifikuje cały obszar polskiej części platformy wschodnioeuropejskiej. Okruszcowanie REE zostało stwierdzone również na obszarze Sudetów. W rejonie Szklarskiej Poręby występuje wraz z torem w zbiotytyzowanych hornfelsach andaluzytowo-kordierytowych, a zawartości sumy REO sięgają 0,5% i w zasobach perspektywicznych oszacowanych na 305 t. Podwyższone koncentracje Th-REE stwierdzono również w okolicach Markocic k. Bogatyni, gdzie zawartości REO sięgają 1,54%, a zasoby perspektywiczne oszacowano na 150 t (Kanasiewicz, 1987). Na tle

tych wystąpień pierwotnych znacznie lepiej prezentują się zasoby REE w odpadowym fosfogipsie, powstałym w wyniku przeróbki importowanego ze złoża Chibiny koncentratu apatytowego. Na składowisku w Wizowie zalega ok. 6 mln t fosfogipsów o zawartości REO wynoszącej 0,69% (Augustyn, Bałchanowski, mat. arch.). Pozwala to szacować zasoby tego antropogenicznego złoża na ponad 8 tys. ton REE.

Literatura

KANASIEWICZ J., 1987 — Pierwiastki ziem rzadkich. Dolny Śląsk. *W*: Budowa geologiczna Polski. Złoża surowców mineralnych. T. VI (red. R. Osika): 369–371. Wydaw. Geol., Warszawa.

KRZEMIŃSKA E., KRZEMIŃSKI L., 2012 — Alkaliczna intruzja syenitowa Mławy a perspektywy występowania pierwiastków ziem rzadkich. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **448**, 2: 401–410.

KUBICKI S., 1987 — Pierwiastki ziem rzadkich. Dolny Śląsk. *W*: Budowa geologiczna Polski. Złoża surowców mineralnych. T. VI (red. R. Osika): 371–372. Wydaw. Geol., Warszawa.

LIDE D.R., 1997 — Abundance of elements of the earth's crust and sea. *W*: CRC handbook of physics and chemistry, 78th edition. Boca Raton, Florida, CRC Press.

LONG K.R., VAN GOSEN B.S., FOLEY N.K., CORDIER D., 2010 — The principal rare earth elements deposits of the United States – a summary of domestic deposits and a global perspective. US Geological Survey Scientific Investigations Raport 2010–5220.

MÖLLER P., 1986 — Rare earth mineral deposits and their industrial importance. *W*: Lanthanides, tantalum and niobium (red. P. Möller i in.): 171–188. Proceedings of a workshop in Berlin. Springer-Verlag.

PAULO A., 1993 — Dlaczego nie należy poszukiwać złóż rud niobu i pierwiastków ziem rzadkich w Polsce? *Pol. Tow. Miner.*, *Pr. Spec.*, **3**: 55–77.

PAULO A., 1999 — Pierwiastki ziem rzadkich pod koniec XX wieku. *Prz. Geol.*, **47**, 1: 34–41.

RYKA W. (red.), 1992 — Geology of Tajno massif (northeastern Poland). *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **139**.

SABOT J.L., MAESTRO P., 1995 — Lanthanides. *W*: Kirk-Otmer encyclopedia of chemical technology, 4th edition, vol. 14 (red. J.I. Kroschwitz, M.H. Grant): 1091–1115. John Wiley, New York.

Osady eupelagiczne Pacyfiku jako potencjalne źródło pozyskiwania pierwiastków ziem rzadkich

Dominik Zawadzki, Łukasz Maciąg, Ryszard Andrzej Kotliński

Uniwersytet Szczeciński, Instytut Nauko o Morzu
ul. A. Mickiewicza 18, 70-383 Szczecin

dominik.zawadzki@univ.szczecin.pl, lukasz.maciag@univ.szczecin.pl, ryszard.kotlinski@univ.szczecin.pl

Zbadano przydatność wybranych osadów eupelagicznych (mułów ilastych krzemionkowych) i hydrogenicznych (konkrecji polimetalicznych, naskorupień kobaltonośnych) jako potencjalnych źródeł pozyskiwania pierwiastków ziem rzadkich (REE). Badania oparto na analizach geochemicznych 137 próbek mułów ilastych krzemionkowych, pochodzących z poligonu H11 IOM, znajdującego się we wschodniej części Strefy Rozłamowej Clarion–Clipperton (CCFZ) (obszar tropikalny wschodniego Pacyfiku) i na dostępnych danych literaturowych dotyczących zawartości REE w tlenkowych skupieniach żelazowo-manganowych (Kotliński i in., 1997; Dubinin, 2004; Duliu i in., 2009; Franzen, Balaz, 2012; Hein i in., 2013; Dimitrova i in., 2014) oraz osadach eupelagicznych z obszarów innych niż CCFZ (Dubinin, Sval'nov, 2000; Dubinin, Sval'nov, 2003; Dubinin, Rimskaya-Korsakova, 2011; Kato i in., 2011).

Przeprowadzone analizy geochemiczne (metoda ICP-MS) wskazują, że suma koncentracji pierwiastków ziem rzadkich i itru (SREY) w całej populacji próbek jest niska i waha się od 199,99 do 616,56 ppm, przy średniej 288,81 ppm, natomiast suma ciężkich ziem rzadkich (SHREE) mieści się w zakresie 214,22–54,27 ppm, przy średniej wynoszącej 83,36 ppm. Wyniki koncentracji REE, w poszczególnych horyzontach opróbowania znormalizowane do PAAS i przedstawione na diagramach rozkładów, wykazują podobny przebieg i charakteryzują się negatywną anomalią cerową (0,34−0,81), słabą pozytywną anomalią europu (1,07–1,30) oraz wyraźnym wzbogaceniem MREE w stosunku do LREE, co wskazuje na niskie tempo sedymentacji i znaczne oddalenie od źródeł materiału terygenicznego. W związku z niewielką zawartością sumaryczną pierwiastków ziem rzadkich, muły ilaste krzemionkowe towarzyszące konkrecjom polimetalicznym nie stanowią obecnie wartościowej pod tym względem kopaliny. Jak wskazują Kato i in. (2011), którzy przebadali ponad 2000 próbek osadów eupelagicznych pochodzących z 78 stanowisk na dnie Pacyfiku, niektóre obszary Oceanu Spokojnego wykazują znaczne wzbogacenie w REE, wpływając na wzrost potencjału złożowego. Są to między innymi regiony wschodniej części Południowego Pacyfiku (5–20°S, 90–150°W) oraz centralnej części północnego Pacyfiku (3–20°N, 130°W–170°E), gdzie ΣREY wynosi odpowiednio między 1000 a 2230 ppm (przy ΣHREE = 200–430 ppm) oraz 400–1000 ppm (przy ΣHREE = 70–180 ppm), co jest wynikiem porównywalnym do koncentracji wzmiankowanych metali w złożach lądowych południowych Chin.

Analizy porównawcze średnich koncentracji pierwiastków ziem rzadkich w tlenkowych skupieniach Fe–Mn dowodzą, że największe zawartości REY mają naskorupienia kobaltonośne Oceanu Indyjskiego (SREY = 2553 ppm) oraz północnego Pacyfiku (SREY = 2498 ppm). Konkrecje polimetaliczne wykazują umiarkowane zawartości pierwiastków ziem rzadkich, przy czym ich koncentracje są ściśle związane z ich typem genetycznym. Najbardziej zasobne w REY są konkrecje typu hydrogenicznego (Kotliński i in., 1997), zaś najmniej konkrecje diagenetyczne. Potwierdza to przypadek Basenu Peruwiańskiego (SREY = 410 ppm), w którym

przeważa typ „D" konkrecji (von Stackelberg, 2000). O ile w wielu lądowych źródłach (Bayan Obo w Chinach, Mountain Pass w USA) pierwiastki ziem rzadkich stanowią kopalinę główną lub dominującą, o tyle w przypadku kopalin oceanicznych (głównie naskorupienia kobaltonośne) będą najprawdopodobniej uzyskiwane ubocznie podczas produkcji metali głównych, takich jak: Mn, Ni, Cu i Co (Hein i in., 2013).

Badania sfinansowano ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer: DEC-2012/07/N/ST10/03561.

Literatura

DIMITROVA D., MILAKOVSKA Z., PEYTCHEVA I., STEFANOVA E., STOYANOVA V., ABRAMOWSKI T., WÄLLE M., 2014 — Trace element and REY composition of polymetallic nodules from the eastern Clarion Clipperton Zone (Northern Pacific Ocean) determined by in situ LA-ICP-MS analyses. *Comptes rendus de l'Académie bulgare des sciences*, **67**, 2.

DUBININ A.V., 2004 — Geochemistry of Rare Earth Elements in the Ocean. *Lithol. Miner. Res.*, **39**, 4: 289–307.

DUBININ A.V., RIMSKAYA-KORSAKOVA M.N., 2011 — Geochemistry of Rare Earth Elements in Bottom Sediments of the Brazil Basin, Atlantic Ocean. *Lithol. Miner. Res.*, **46**, 1: 1–16.

DUBININ A.V., SVAL'NOV V.N., 2000 — Geochemistry of Rare Earth Elements in Micro and Macronodules from the Pacific Bioproductive Zone. *Lithol. Miner. Res.*, **35**, 1: 19–31. Translated from Litologiya i Poleznye Iskopaemye, No. 1, 2000, pp. 25–39.

DUBININ A.V., SVAL'NOV V.N., 2003 — Geochemistry of the Manganese Ore Process in the Ocean: Evidence from Rare Earth Elements. *Lithol. Miner. Res.*, **38**, 2: 91–100.

DULIU O.G., ALEXE V., MOUTTE J., SZOBOTCA S.A., 2009 — Major and trace element distributions in manganese nodules and micronodules as well as abyssal clay from the Clarion-Clipperton abyssal plain, Northeast Pacific. *Geo-Marine Letters*, **29**: 71–83.

FRANZEN J., BALAZ P., 2012 — Rare Earth Elements in the Polymetallic Nodules – a New Challenge. *W*: The Proceedings of the 23rd International Offshore and Polar Engineering Conference, Rhodes, Greece: 112–116.

HEIN J.R., KOSCHINSKY A., 2013 — Deep-ocean ferromanganese crusts and nodules. *W*: The Treatise on Geochemistry (red. S. Scott): **12**: 273–290.

HEIN J.R., MIZELL K., KOSCHINSKY A., CONRAD T.A., 2013 — Deep-ocean mineral deposits as a source of critical metals for high- and green-technology applications: Comparison with land-based resources. *Ore Geol. Rev.*, **51**: 1–14.

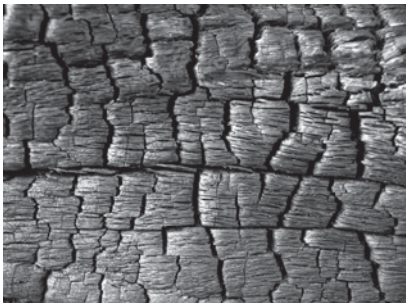
KATO Y., FUJINAGA K., NAKAMURA K., TAKAYA Y., KITAMURA K., OHTA J., TODA R., NAKASHIMA T., IWAMORI H., 2011 — Deep-sea mud in the Pacific Ocean as a potential resource for rare-earth elements. *Nat. Geosci.*, **4**: 535–539.

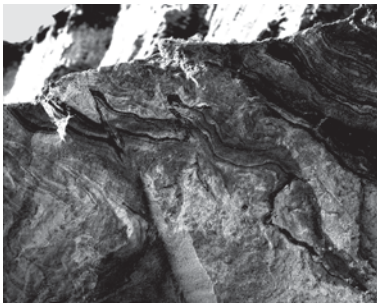
KOTLIŃSKI R., PARIZEK A., REZEK K., 1997 — Polymetallic nodules – a possible source of Rare Earth Elements. *W*: The Proceedings of the 2nd ISOPE – Ocean Mining Symposium, Seoul, Korea: 50–56.

VON STACKELBERG U., 2000 — Manganese Nodules of the Peru Basin. *W*: Handbook of Marine Mineral Deposits (red. D. Cronan): 197–238. CRC Press, London.

SESJA 4

NOWOCZESNE METODY BADAŃ I DOKUMENTOWANIA ZŁÓŻ





Koncepcja wykorzystania zintegrowanych systemów spektroskopowych w prospekcji porfirowych złóż miedzi i złota

Bartłomiej Wojciech Bil

KGHM Cuprum Centrum Badawczo-Rozwojowe Sp. z o.o.
ul. Gen. Władysława Sikorskiego 2-8, 53-659 Wrocław

bbil@cuprum.wroc.pl

Na świecie od ponad dwudziestu lat prowadzi się prace nad stworzeniem zintegrowanego systemu wspomagającego pracę geologa podczas eksploracji geologicznej. Stworzone przez australijskie centrum badawcze CSIRO urządzenie HyLogger zapewnia bardzo szybką i dokładną analizę składu mineralogicznego próbek skał w postaci rdzenia, zgładów czy proszków. Badanie, prowadzone przy użyciu spektroskopii odbiciowej w zakresie od światła widzialnego do podczerwieni, pozwala na identyfikację minerałów z grupy tlenków i wodorotlenków (żelaza, manganu i glinu) ziem rzadkich, węglanów, siarczanów, glinokrzemianów i krzemianów. W badaniach skupiono się na rozwinięciu i zautomatyzowaniu metod interpretacyjnych pozyskanych danych. Otrzymane w wyniku skanowania próbki geologicznej widma, w zależności od stosunku Fe:Mg:Al, posiadają charakterystyczne punkty diagnostyczne umożliwiające ich identyfikację. Przeprowadzone badania wskazują na istnienie zależności pomiędzy stosunkiem zawartości Fe:Mg:Al a mineralizacją rudną. Wyznaczenie indykatorów mineralizacji rudnej wśród minerałów skałotwórczych i zastosowanie zintegrowanego systemu analizy spektroskopowej, monitorującego zmienność mineralogiczną, znacząco przyspieszy eksplorację i obniży jej koszty.

Parametryzacja fantomów NMR z wykorzystaniem wysokorozdzielczej mikrotomografii komputerowej do analiz złóż niekonwencjonalnych

Łukasz Kaczmarek[1,2], Michał Maksimczuk[1], Tomasz Wejrzanowski[1]

[1] Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Materiałowej
ul. Wołoska 141, 02-507 Warszawa

[2] Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii
ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa

lukasz.kaczmarek@inmat.pw.edu.pl

Przedstawiono ilościową charakteryzację oraz wizualizację wewnętrznej struktury modeli skał dla kalibracji magnetycznych rezonansów jądrowych (NMR), za pomocą wysokorozdzielczej tomografii komputerowej (µCT). Technika NMR pozwala na ocenę saturacji ropą naftową/ gazem/ wodą skał złóż konwencjonalnych i niekonwencjonalnych. W analizie wykorzystano dwa fantomy, przeznaczone dla niekonwencjonalnych złóż. Pierwszym etapem badań była analiza mikroskopią optyczną, a następnie µCT. Na podstawie wykonanego prześwietlenia w mikrotomografie uzyskano radiografy, które poddano rekonstrukcji. Kolejnym etapem było przetwarzanie i analiza obrazu, dzięki czemu wykonano model numeryczny oraz wizualizację struktury wewnętrznej fantomów. Analiza obrazu pozwoliła na uzyskanie parametrów opisujących strukturę fantomów, np.: porowatość, jednorodność, rozkład wielkości średnic kapilar. Wykonany model numeryczny cylindrycznej próbki umożliwił na przeprowadzenie symulacji przepływu i określenie kierunków przepływu. Ilościowy opis fantomów pozwolił na kalibracje skanera NMR oraz na możliwość wykorzystania fantomów, jako referencyjnych do analiz skał złóż niekonwencjonalnych.

Aspekty złożowe w badaniach izotopowych przy użyciu mikrosondy jonowej SHRIMP IIe/MC

Ewa Krzemińska

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

ewa.krzeminska@pgi.gov.pl

Mikrosonda jonowa dość często kojarzy się z badaniem wieku skał czy wydarzeń geologicznych. Geochronologia izotopowa U–Pb–Th stała się najbardziej docenianym obszarem zastosowania mikrosondy jonowej, dostarczających danych z dużą dokładnością, bez ograniczeń co do typu czy pochodzenia skał. Czuła, wysokorozdzielcza mikrosonda jonowa z multikolektorem SHRIMP IIe/MC (*Sensitive High Resolution Ion Micro Probe II Multi-Collector*), zainstalowana w maju 2014 r. w PIG-PIB, jest instrumentem mikroanalitycznym przeznaczonym do pomiarów stosunków izotopowych, dla którego nie jest konieczna homogenizacja próbki i uzyskanie np. roztworu do realizacji analizy. Preparatyka do badań SHRIMP zachowuje naturalny stan próbki, umożliwiając udokumentowanie charakterystyki izotopowej badanego materiału w nietkniętej postaci, przy niezmienionych relacjach przestrzennych. Właśnie ta cecha i fakt, że do pojedynczego pomiaru są zużywane zaledwie nano ilości próbki (2–5 nanograma) sprawia, że możliwe stało się datowanie mikrostref o średnicach ok. 10–30 mikronów, różniących się genetycznie czy wiekowo i w ten sposób – dokumentowanie subtelnych etapów procesów geologicznych i heterogenicznej natury skał.

Mikroanalityczne urządzenie nowej generacji, jakim jest mikrosonda SHRIMP IIe/MC, działa na zasadzie spektrometrii mas jonów wtórnych (*Secondary Ion Mass Spectrometry*, SIMS) i jest wyposażone w dwa alternatywne źródła jonów pierwotnych: w (1) duoplazmaron, który punktowo bombarduje i jonizuje próbki skupioną wiązką (o średnicy ok. 5–30 mikronów) ujemnych jonów tlenu oraz w (2) działo cezowe, jonizujące badany obiekt wiązką dodatnich jonów cezu. W ten sposób zakres jonizacji, a potem detekcji, może objąć masy pierwiastków niemal z całego układu okresowego, w tym także te o potencjalnym znaczeniu złożowym. Dotychczasowa praktyka zastosowań mikrosondy jonowej udowodniła, że jest ona znakomitym narzędziem, które umożliwi precyzyjną diagnostykę izotopową, dostarczając twardych argumentów w pracach poszukiwawczo-złożowych.

Przemysł poszukiwawczy w coraz większym stopniu opiera się na nowoczesnych metodach badania i dokumentowania złóż, w tym na modelowaniu i wykorzystywaniu markerów izotopowych, tak aby projektowane prace geologiczno-eksploatacyjne były obarczone jak najmniejszym ryzykiem.

Dość czytelna sygnatura izotopowa w postaci np. parametru $\delta^{18}O$ jest doskonałym wskaźnikiem np. pochodzenia płaszczowego skał, które bywają nośnikami cennych pierwiastków, czy rozpoznania typu, skali i czasu mineralizacji. Temu celowi mogą służyć np. analizy genetyczne izotopów tlenu w cyrkonie, gdzie wspomniany parametr $\delta^{18}O$ pozwala na kwalifikację genezy skał i związanych z nimi mineralizacji o potencjalnym charakterze ekonomicznym. Wieloizotopowe analizy genetyczne stanowią skuteczny wskaźnik genezy złóż i rutynowo są wykorzystywane do kontroli i oceny źródła i skali mineralizacji. Relatywnie łatwa dla techniki

SHRIMP jest systematyka izotopowa siarki $\delta^{34}S$ w siarczkach, a jej skuteczność w dziedzinie złożowej została wykazana przy okazji pomiarów izotopowych w rudnych minerałach siarczkowych. Skład izotopowy siarki ze złóż rud metali głównych (zasoby złóż miedzi, cynku, ołowiu i srebra), dobrze odtwarza genezę mineralizacji, wskazując na pochodzenie osadowe czy hydrotermalne. Ustalenie źródła siarki daje wgląd na charakter złoża i pozwala realistycznie ocenić jakość i perspektywiczność posiadanych złóż wspomnianych surowców, opracować odpowiednią strategię ewentualnej eksploatacji lub poszukiwań nowych lepszych ekonomicznie zasobów.

Mikrosonda jonowa daje możliwość kontroli markerów izotopowych i perspektywiczności występowania określonych minerałów, np. diamentów w skałach kimberlitowych.

Znaczenia nabiera diagnostyka izotopowa w szerokim zakresie układu okresowego pierwiastków, w tym stosunki izotopowe szeregu rzadziej wykorzystywanych pierwiastków, np.: $\delta^{65}Cu$ – określenie warunków redox w osadach i złożach osadowych; $\delta^{95}Mo$ – informacja o warunkach redox, ocena stanu oksydacji osadów oceanicznych; $\delta^{198}Hg$ – wskaźnik zanieczyszczeń osadów i środowiska (rtęć – pierwiastek wysokotoksyczny); $\delta^{26}Mg$ obok O i C w karbonatytach jak wskaźnik perspektywiczności w złożach REE. Wiedza o uwarunkowaniach genetycznych („kod genetyczny" na poziomie izotopowym) stanowi kluczową informację w geologii gospodarczej, złożowej i poszukiwawczej.

Diagnostyka realizowana przy użyciu mikrosondy jonowej, dotycząca mineralizacji kruszcowej i nie tylko (np. diamenty), jest skutecznie wykorzystywane przez służby geologiczne USA, Australii, Kanady (gdzie służba geologiczna posługuje się SHRIMP). Złoża zdiagnozowane dzięki precyzyjnej i efektywnej analityce urządzeniu typu SHRIMP stanowią podstawowe światowe zasoby złóż miedzi, cynku, ołowiu i srebra, platynowców.

Badania geofizyczne w masywie Hasgath, zachodnia Mongolia

Szymon Ostrowski

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

szymon.ostrowski@pgi.gov.pl

W ramach wieloletniego programu polskich badań geologicznych w masywie Hasgath, w zachodniej Mongolii, w 2013 r. przeprowadzono serię pomiarów geofizycznych z zastosowaniem dwóch metod pomiarowych – magnetometrii całkowitego natężenia pola magnetycznego Ziemi oraz elektromagnetycznej metody VLF (*Very Low Frequency*).

Badania miały na celu wsparcie rozpoznania geologicznego rejonów o wysokim potencjale złożowym, wyznaczonych we wcześniejszych etapach prac przez pracowników PIG-PIB. Szczególny nacisk położono na możliwość wyznaczenia konturów obiektów geologicznych z potencjałem złożowym, wyznaczenie położenia małych, nierozpoznanych dotąd stref o potencjale złożowym oraz określenie sytuacji i kontekstu geologiczno-strukturalnego znanych stref okruszcowanych.

Badania prowadzono w czterech obszarach, zlokalizowanych w centralnej i wschodniej części masywu Hasgath. Dwa główne rejony zdjęcia magnetycznego były zlokalizowane w somonach (jednostkach terytorialnych) Jargalan i Bayanool. Pierwszy z rejonów obejmował obszar około 60 km^2, drugi – ok. 42 km^2.

Pierwszy obszar zdjęcia magnetycznego został zlokalizowany na północnym skłonie masywu Hasgath, w rejonie występowania skał ultramaficznych. Ze skałami tymi, występującymi u podnóża masywu, są związane strefy silnie wzbogacone w magnetyt i tytanomagnetyt. Minerały te tworzą również wtórne, rozsypiskowe nagromadzenia w wyższych partiach stożka piedmontowego. Celem zdjęcia magnetycznego było rozpoznanie geometrii ciał ultramaficznych, z którymi mogą być związane pierwotne złoża magnetytu i tytanomagnetytu, oraz określenie ciągłości złóż rozsypiskowych tych minerałów.

W centralnej części masywu Hasgath obszar objęty zdjęciem magnetycznym to rejon krawędzi masywu granodiorytowego, kontaktującego się z serią skał węglanowych. W strefie kontaktu masywu granodiorytowego i skał węglanowych występuje kilkudziesięciometrowa strefa skał przeobrażonych – marmurów i skarnów. W zachodniej części obszaru, w obrębie strefy przeobrażonej, na wcześniejszym etapie prac stwierdzono występowanie żyły magnetytowej. Uznano, że występowanie tej żyły może mieć genetyczny związek ze strefą kontaktową. Badania magnetyczne miały testować hipotezę związku żył magnetytowych ze strefą kontaktu, a także wskazać na występowanie innych okruszcowanych żył.

Badania VLF były prowadzone w południowo-wschodniej części masywu, na obszarze somonu Sharga, i obejmowały sąsiedztwo dwóch żył kwarcowych ze stwierdzonym okruszcowaniem złotem. Obszar objęty badaniami VLF obejmował w sumie około 5,5 km^2.

W górnym odcinku suchej doliny Bajangool opisano żyłę kwarcową, stromo nachyloną, o miąższości od kilku centymetrów do kilku metrów, zawierającą ślady okruszcowania złotem. Lokalnie występujące wyrobiska poszukiwaczy złota potwierdzają obecność skał złotonośnych w sąsiedztwie. Metoda VLF została zastosowana w celu wyznaczenia przebiegu i rozciągłości żyły, a także rozpoznania przebiegu innych elementów strukturalnych w sąsiedztwie żyły.

Analiza możliwości zastosowania metody tomografii elektrooporowej (ERT) do rozpoznania miąższości pokrywy laterytowej

Grzegorz Pacanowski[1], Paweł Czarniak[1], Arkadiusz Piechota[2]

[1] Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, filia
ul. Jagiellońska 76, 03-301 Warszawa

[2] Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych sp. z o.o.
ul. Jagiellońska 76, 03-301 Warszawa

grzegorz.pacanowski@pgi.gov.pl, pawel.czarniak@pgi.gov.pl, arkadiusz.piechota@pbg.com.pl

Tomografia elektrooporowa (*Electrical Resistivity Tomography, ERT)* jest obecnie jedną z najszybciej rozwijających się dziedzin geofizycznych. Metoda ta jest szeroko wykorzystywana do rozpoznania budowy geologicznej (Griffiths, Barker, 1993).

Pomimo zastosowania w różnego rodzaju zagadnieniach związanych z geologią i hydrogeologią, metoda ta przejawia największy potencjał w rozpoznaniu złożowym. Główną zaletą metody jest jej nieinwazyjność, szybkość wykonania badań oraz możliwość rozpoznania w ciągłym profilu 2D. Ma to istotne znacznie we wszelkiego rodzaju pracach poszukiwawczych, w początkowej fazie dokumentowania, gdyż pozwala zaplanować wiercenia, a także określa wstępnie rozmiar złoża, nadkład oraz jego przybliżoną miąższość.

Metoda tomografii elektrooporowej bazuje na zjawisku przepływu stałego prądu elektrycznego przez ośrodek skalny. W geofizycznych badaniach elektrooporowych przedmiotem rozpoznania jest przestrzeń ośrodka geologicznego pomiędzy dwiema elektrodami uziemianymi w gruncie, do których jest podłączone źródło prądu elektrycznego. Spadek napięcia rejestrowany za pomocą dwóch innych elektrod (elektrody pomiarowe) jest proporcjonalny do oporu elektrycznego ośrodka i wzajemnej konfiguracji położenia i odległości w układzie wyznaczonym lokalizacją elektrod zasilających i pomiarowych. Wyznaczona z takiego pomiaru oporność elektryczna jest określana terminem oporności pozornej. Wielkość ta nie odwzorowuje w sposób ścisły oporności elektrycznej badanego ośrodka. W istocie jest pewną wielkością średnią odnoszącą się do całej półprzestrzeni, przez którą przepływa prąd elektryczny w powiązaniu z konfiguracją układu pomiarowego (Loke, 1996–2012).

Opisane badania geofizyczne zrealizowano w 2012 r. w Indonezji, na wyspie Seram (prowincja Maluku). Obszar prac, na którym prowadzono badania, to dwa bloki o nazwach Kobar i Gunung Tinggi o powierzchni 13,5 km^2.

Prace zrealizowano za pomocą dwóch metod geofizycznych. Główną metodą określenia miąższości pokrywy laterytowej i saprolitowej zasobnej w nikiel, była metoda tomografii elektrooporowej (Hill, 2012). Na części profili wykonano badania metodą polaryzacji wzbudzonej. Ich celem było określenie stref mineralizacji siarczkami w potencjalnych strefach uskokowych. Badania magnetyczne przeprowadzono w celu sprawdzenia możliwości zastosowania metody do rozpoznania występowania podłoża ultramaficznego (Linthout, 1989). Niniejszy abstrakt odnosi się tylko do prac geoelektrycznych.

Łącznie wykonano 40 km profili elektrooporowych przy zastosowaniu 2 i 5 m odstępów między elektrodami.

Na podstawie wyników pomiarów elektrooporowych wyróżniono cztery podstawowe typy ośrodka skalnego, różniące się wartościami oporności pozornej oraz położeniem względem powierzchni terenu. Zastosowanie badań geofizycznych dało możliwość rozpoznania położenia i miąższości pokrywy laterytowej i saprolitowej, co w dalszym etapie rozpoznania miało posłużyć do zaprojektowania otworów i pobrania próbek na zawartość niklu.

Literatura

GRIFFITHS D. H., BARKER R.D., 1993 — Two-dimensional resistivity imaging and modelling in areas of complex geology. *J Appl. Geophys.*, **29**: 211–226.

HILL K.C., 2012 — Tectonic and regional structure of Seram and the Banda Arc. *Berita Sedimentologi*, **23**: 5–16.

LINTHOUT K., HELMERS H., SOPAHELUWAKAN J., SURYA NILA E., 1989 — Metamorphic complexes in Buru and Seram, Northern Banda Arc. *Nether. J. Sea Res.*, **24**, 2/3: 345–356.

LOKE M.H., 1996–2012 — Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys.

Zastosowanie nowoczesnych technik mikroskopii elektronowej w badaniach skał łupkowych oraz rud miedzi

Karol Spunda[1,2], Rafał Kubik[1,2], Katarzyna Komorowska[1]

[1] Wrocławskie Centrum Badań EIT + Sp. z o.o.
ul. Stabłowicka 147, 54-066 Wrocław

[2] Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi
ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec

karol.spunda@eitplus.pl rafal.kubik@eitplus.pl katarzyna.komorowska@eitplus.pl

Znaczenie badań geologicznych w skali mikro i nano wzrasta wraz z potrzebą zaawansowanej charakterystyki oraz analiz ilościowych systemów nanoporów, a także nowoczesnej technologii obrazowania i modelowania komputerowego na potrzeby poszukiwania i eksploatacji różnego typu złóż. Poprzez użycie zaawansowanych technik skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM) wraz z działem jonowym (FIB), jest możliwe osiągnięcie kompleksowej informacji na temat mineralogii oraz składu pierwiastkowego, granulometrii oraz mikro/ nanoporowatości próbek.

W przeprowadzonych badaniach ukazano zalety różnego typu analiz obejmujących mapy mineralne i pierwiastkowe wraz z różnorodną obróbką statystyczną uzyskanych wyników, wykonane na mikroskopach QEMSCAN 650 FEG oraz Helios NanoLab 450 HP.

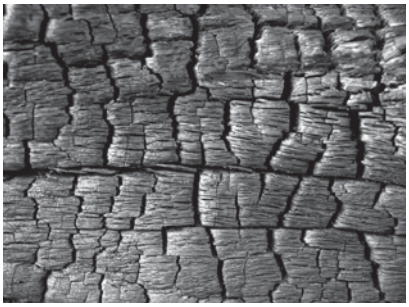
System QEMSCAN pozwala na automatyczne analizy pod kątem zawartości poszczególnych pierwiastków na podstawie detekcji promieniowania X przez dwa detektory EDS oraz rozróżniania skali szarości na podstawie elektronów wstecznie rozproszonych (BSE). Otrzymane wyniki są konwertowane poprzez specjalistyczne oprogramowanie mające bazy danych minerałów różnego typu złóż. Efektem końcowym takich analiz jest stworzenie map rozkładu poszczególnych faz, a także występowania poszukiwanych pierwiastków. System pozwala na tworzenie raportów m.in. na temat asocjacji mineralnych, zawartości interesujących pierwiastków w minerałach, wielkości i rozkładzie ziaren oraz cząstek.

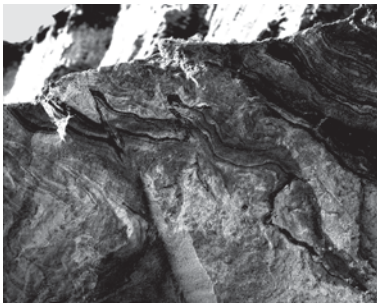
Prezentowane badania uwzględniają także zastosowanie wysokorozdzielczego mikroskopu elektronowego Helios NanoLab 450HP. Użycie działa jonowego, będącego w wyposażeniu mikroskopu, pozwala na modelowanie przestrzenne systemów mikro- i nanoporów. Jakość uzyskanych wyników jest związana bezpośrednio z procesem preparatyki próbki. W tym celu zastosowano metodę polerowania jonowego, która zastąpiła proces mechanicznego polerowania próbki.

Uzyskane wyniki są interesujące ze względu na zastosowanie nowoczesnych technik mikroskopowych, będących alternatywą dla metod powszechnie używanych. Ponadto konieczność wyeliminowania wpływu wody w procesie przygotowania próbek wymaga zastosowania kolejnej nowoczesnej metody w postaci polerowania jonami argonu.

SESJA 5

ZNACZENIE SUROWCÓW SKALNYCH DLA ROZWOJU BUDOWNICTWA I INFRASTRUKTURY KRAJU





Ogólna przydatność wybranych formacji jury dolnej do składowania odpadów promieniotwórczych

Paweł Brański

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

pawel.branski@pgi.gov.pl

Problem bezpiecznego składowania odpadów promieniotwórczych jest jedną z głównych barier rozwoju energetyki jądrowej. Głęboko zalegające formacje ilaste mogą stanowić potencjalne ośrodki długoterminowych składowisk odpadów jądrowych. Prezentowane zagadnienie badawcze opracowano niedawno ze środków Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego, przeznaczonych na działalność statutową (temat nr 61.3403.1101.00.0). Celem prac i badań było określenie ogólnogeologicznych oraz mineralogicznych aspektów przydatności ilastych formacji jury dolnej na Niżu Polskim, do potencjalnego składowania wysoko aktywnych odpadów promieniotwórczych. Istotę problemu stanowiło stwierdzenie, czy formacje jury dolnej na obszarze Polski, spełniają wstępne wymagania stawiane naturalnym barierom geologicznym głębokiego składowiska odpadów promieniotwórczych pod względem: głębokości zalegania, miąższości, litologii, mineralogii i wybranych podstawowych właściwości fizykochemicznych. Autor przeanalizował rozmieszczenie formacji iłowcowo-mułowcowych i zaproponował rejony do ewentualnych przyszłych szczegółowych badań.

Na wstępie wytypowano cztery formacje drobnoziarniste: formację zagajską (górny retyk i dolny hetang), formację łobeską i gielniowską (obie dolny pliensbach) oraz przede wszystkim formację ciechocińską (dolny toark). Badane osady ilaste i mułkowe były deponowane w różnych paleośrodowiskach: lądowym (jezioro, równia zalewowa), marginalno-morskim (laguna, delta), pełnomorskim (duża zatoka, szelf) i zalegają w różnych warunkach tektonicznych. Po przebadaniu warunków geologicznego występowania wybranych formacji w wierceniach archiwalnych (głębokość zalegania stropu, miąższość, zmienność litologiczna), ustalono, że formacje ilaste o miąższości około 100 m mogą zalegać na głębokości 300–1000 m, tylko na niektórych obszarach obecnego wału śródpolskiego. Następnie, podsumowano wyniki wcześniejszych i nowych badań iłowców i mułowców z 8 otworów, w których zostały przewiercone różne odcinki profilu jury dolnej (ogólny skład mineralny, skład pierwiastków głównych, stosunki między minerałami ilastymi, wybrane właściwości fizyczne i chemiczne). Na ich podstawie stwierdzono, że analizowane skały drobnoziarniste zawierają bardzo dużo minerałów ilastych i znacznie mniej kwarcu detrytycznego. Skalenie i piryt są nieliczne, kalcyt niemal nie występuje, ale niektóre warstwy iłowców i mułowców mogą zawierać znaczne ilości syderytu i węgla organicznego. Głównymi składnikami ilastymi mułowców i iłowców jury dolnej są illit i kaolinit z bardziej podrzędnym chlorytem. Smektyty są nieliczne lub nieobecne, głównie w wyniku panowania niesprzyjających warunków paleoklimatycznych. Badane skały drobnoziarniste są niemal nieprzepuszczalne, ale ich pojemność sorpcyjna (MPC) i pojemność wymiany kationów (CEC) są przeważnie niskie, na skutek ubóstwa smektytów i znacznej kompakcji.

Uzyskane wyniki potwierdziły ogólną przydatność wybranych formacji jury dolnej (ciechocińskiej, łobeskiej, zagajskiej) do potencjalnego głębokiego składowania wysoko aktywnych odpadów promieniotwórczych. Stwierdzono też, że ich właściwości nie odbiegają w istotny sposób od właściwości formacji referencyjnych w Europie Zachodniej (iłowce keloweju-oksfordu oraz iłowce toarku we Francji, iłowce aalenu w Szwajcarii, iły oligoceńskie w Belgii). Ze względu na dużą zmienność litologiczno-miąższościową zdyskwalifikowano formację gielniowską. Wytypowano trzy rejony do ewentualnych dalszych szczegółowych badań (strukturalnych, geomechanicznych, hydrologicznych, hydrochemicznych itp.): I – rejon Mechowo (północna część wału pomorskiego, formacja łobeska i ciechocińska), II – rejon Zaosie-Studzianna (południowa część wału kujawskiego, formacja ciechocińska), III – rejon Studzianna-Drzewica (północna część wału świętokrzyskiego, formacja zagajska). Warto podkreślić, że w każdym z tych rejonów, w nadkładzie analizowanej formacji, występuje dodatkowy poziom uszczelniający.

Nowe dane o zasobach kruszyw piaskowo-żwirowych dla inwestycji drogowych i kubaturowych w Polsce

Olimpia Kozłowska, Marta Sołomacha, Iwona Walentek

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy,
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

olimpia.kozlowska@pgi.gov.pl, marta.solomacha@pgi.gov.pl, iwona.walentek@pgi.gov.pl

Wraz ze wzrostem gospodarczym, który został zapoczątkowany wraz z wejściem Polski do Unii Europejskiej, rozpoczął się proces rozwoju polskiej infrastruktury. Wiąże się z tym znaczny wzrost zapotrzebowania na surowce drogowe, w tym na kruszywa naturalne piaskowo-żwirowe. Wychodząc naprzeciw tym potrzebom, Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, na zlecenie ministra środowiska, zajął się weryfikacją wcześniej wyznaczonych perspektyw surowcowych tej kopaliny pod kątem wyznaczenia obszarów prognostycznych do udokumentowania nowych złóż. PIG-PIB, w ramach realizacji tematu *Mapa Geośrodowiskowa Polski w skali 1:50 000*, prowadzi w tym celu prace, które uwzględniają nie tylko konflikt z zagospodarowaniem terenu, istniejące obszary chronione (w tym Natura 2000), uniemożliwiające lub utrudniające eksploatację złóż, obszary zabudowane, ale także czynnik ekonomiczny związany z kosztem i opłacalnością transportu, jak i obowiązujące kryteria bilansowości dla złóż kopalin drogowych. W efekcie wykonano weryfikację obszarów występowania kopalin okruchowych wokół aglomeracji i dla korytarzy wybranych projektowanych i budowanych dróg szybkiego ruchu. W pierwszym etapie realizacji prac (w latach 2008–2012) przebadano łącznie 432 obszary o powierzchni ponad 33 tys. ha. Zgodnie z obowiązującymi kryteriami bilansowości złóż kopalin oszacowano zasoby w obrębie 404 obszarów prognostycznych na ponad 5 mln ton, z czego niespełna 3 mln ton zasobów dotyczy kruszywa piaskowo-żwirowego, znajdującego zastosowanie w drogownictwie, natomiast ponad 2 mln dotyczy kruszywa z zastosowaniem w budownictwie.

Opracowanie jest kierowane do podmiotów gospodarczych, prowadzących budowlaną działalność inwestycyjną lub wydobywczą, oraz do organów administracji państwowej, jako element wsparcia w planowaniu zarządzania przestrzenią terytoriów gmin, powiatów i województw.

Dane o zweryfikowanych obszarach prognostycznych są gromadzone w bazie ciągłej GIS i dostępne w formie usługi przeglądania WMS na portalu *Mapy Geośrodowiskowej Polski* (emgsp.pgi.gov.pl).

Stan udokumentowania zasobów minerałów ciężkich w piaskach bałtyckich i dalsze perspektywy złożowe

Regina Kramarska, Dorota Kaulbarsz, Leszek Jurys, Mateusz Damrat

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Geologii Morza
ul. Kościerska 5, 80-328 Gdańsk

regina.kramarska@pgi.gov.pl

Badania koncentracji minerałów ciężkich w piaskach morskich południowego Bałtyku były prowadzone od połowy ubiegłego stulecia, okresowo ze wzmożoną intensywnością. Najistotniejsze ze złożowego punktu widzenia były prace poszukiwawcze i rozpoznawcze, prowadzone w rejonie Ławicy Odrzanej, najpierw przez Państwowy Instytut Geologiczny, a po 1990 r. przez Przedsiębiorstwo Robót Czerpalnych i Podwodnych Sp. z o.o. w Gdańsku we współpracy z australijską firmą Micron Research w Osborne Park, pod nadzorem PIG-PIB. W efekcie prac powstało kilka opracowań etapowych i wstępne oszacowanie zasobów. Dokumentację geologiczną jednak, po wykonaniu badań uzupełniających, sporządzono dopiero w latach 2009–2013. Dała ona podstawę do zatwierdzenia zasobów geologicznych piasków z minerałami ciężkimi w kat. D w ilości 13 323,20 tys. ton, w tym 505,74 tys. ton minerałów ciężkich. Złoże składa się z dwóch pól (A i B) o łącznej powierzchni 1303,49 ha. Dokumentacja zasobowa obejmuje tylko tę część obszarów perspektywicznych, w których była stwierdzona w rejonie ławicy najwyższa zawartość minerałów ciężkich (21,7% wag.). W Bałtyku najbogatsze rozsypiska są związane z reliktami wybrzeży akumulacyjnych (mierzei) z okresu transgresji litorynowej morza w środkowym holocenie. Wysokie koncentracje, do 20% wag., występują w piaskach paleomierzei Ławicy Odrzanej, wyznaczonej ciągiem płycizn od wschodniego ramienia tej formy ku Kołobrzegowi (Kramarska, 1998). Relikty mierzei, z ekstremalnie wysoką koncentracją minerałów ciężkich w polskiej strefie Bałtyku dochodzącą do 45% wag., występują także w środkowej i wschodniej części Ławicy Słupskiej (Kotliński, 1985). Na uwagę zasługuje również podwodna część Półwyspu Helskiego oraz obszar Płycizny Czołpińskiej, sąsiadujący z mierzeją jeziora Łebsko.

Bałtyckie piaski z koncentracjami minerałów ciężkich charakteryzuje wysoki stopień selekcji mineralogicznej i dojrzałość granulometryczna. Wzbogacone piaski Ławicy Odrzanej zawierają z reguły ponad 80% frakcji 0,063–0,25 mm i są dobrze lub bardzo dobrze wysortowane. Wzbogacenia w minerały ciężkie mają charakter lamin i smug, rzadziej cienkich warstewek. Najwyższe koncentracje występują na powierzchni dna i sukcesywnie maleją wraz z głębokością. Warstwa wzbogacona ma najczęściej miąższość 15–20 cm, rzadziej około 40 cm, maksymalnie dochodzi do 1 m. Składnikom użytecznym reprezentowanym przez ilmenit, rutyl i cyrkon towarzyszą pierwiastki ziem rzadkich.

Literatura

KOTLIŃSKI R., 1985 — Osady dna Ławicy Słupskiej. *Biul. Inst. Geol.*, **352**: 5–56.

KRAMARSKA R., 1998 — Origin and development of the Odra Bank in the light of the geologic structure and radiocarbon dating. *Geol. Quart.*, **42**, 3: 277–288.

Stan zagospodarowania złóż kruszywa w obrębie polskich obszarów morskich i perspektywy powiększenia bazy zasobowej

Regina Kramarska, Grzegorz Uścinowicz

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Geologii Morza
ul. Kościerska 5, 80-328, Gdańsk

regina.kramarska@pgi.gov.pl, grzegorz.uscinowicz@pgi.gov.pl

Występowanie złóż kruszywa piaszczysto-żwirowego w polskich obszarach morskich jest związane z reliktami plejstoceńskich stref czołowomorenowych oraz występującymi na ich przedpolu osadami delt fluwioglacjalnych, przerobionymi w środowisku morskim. Dotychczas rozpoznano trzy złoża o zasobach geologicznych bilansowych wynoszących ogółem 142,5 mln ton (Masłowska, 2005). Kruszywo morskie charakteryzuje się wysoką zawartością skał krystalicznych co, wraz z innymi parametrami jakościowymi, pozwala porównywać surowiec ze złóż bałtyckich z najlepszymi kruszywami pozyskiwanymi ze złóż na lądzie.

Złoże „Zatoka Koszalińska" występuje w obrębie morza terytorialnego, na przedłużeniu w morze strefy moren gardzieńskich. Eksploatację prowadzono tylko w 2001 r. i wydobyto 6 tys. ton żwiru (Bilans zasobów...) z ogólnych zasobów oszacowanych na 37,7 mln ton. Obecnie trwa postępowanie zmierzające do ponownego udostępnienia złoża.

Z zasobów bilansowych złoża „Ławica Słupska", obliczonych na 48,1 mln ton, wydobyto około 2,5 mln ton kruszywa. Eksploatacja rozpoczęła się w 1985 r. i była prowadzona z przerwami do 2002 r. Złoże w całości jest położone w obrębie obszaru ochrony Natura 2000 PLC990001 – Ławica Słupska (ostoja ptasia o randze europejskiej i obszar siedliskowy). Brak planu ochrony dla tego obszaru może być znacznym utrudnieniem dla korzystania z zasobów surowca w bliskiej perspektywie czasowej. Dotyczy to zarówno złóż udokumentowanych, jak również dalszych prac poszukiwawczych.

Złoże „Południowa Ławica Środkowa", położone przy granicy z wodami szwedzkimi, zostało zagospodarowane w 2006 r. Eksploatacja, rozpoczęta w 2008 r., dostarczyła dotychczas około 1,24 mln ton surowca. Złoże to jest najbardziej zasobne – bilansowe ilości kopaliny były oszacowane na 56,7 mln ton.

Perspektywiczne obszary występowania kruszywa piaskowo-żwirowego mają w południowym Bałtyku ograniczony zasięg. Pola piasków z domieszką ziaren żwirowych tworzą dwa ciągi (Kramarska, 2005; 2011). Jeden z nich występuje w niedalekim sąsiedztwie brzegu, od Płycizny Czołpińskiej na wschodzie do Zatoki Pomorskiej na zachodzie. Drugi ciąg pól obejmuje obrzeża głazowiska na Ławicy Słupskiej oraz położony bardziej na wschód rejon Ławicy Stilo.

W 2013 roku, w ramach zadania państwowej służby geologicznej, zaprojektowano i rozpoczęto prace poszukiwawcze w obrębie czterech pól zlokalizowanych na obszarach perspektywicznych w rejonie Kołobrzegu (2 pola o powierzchni 84 i 130 km^2), na wschodnim zboczu Ławicy Słupskiej (78 km^2) i na Ławicy Stilo (184 km^2). Wykonane w 2014 r. pomiary geofizycz-

ne i roboty geologiczne wykazują bardzo duży stopień zróżnicowania geologicznego dna na badanych obszarach, znacznie różniący się od przedstawianego na podstawowej dla polskich obszarów morskich Mapie Geologicznej Dna Bałtyku w skali 1:200 000. Na podstawie wstępnej analizy struktury powierzchni dna oraz wyników badań laboratoryjnych próbek z rdzeni wiertniczych, prawdopodobne jest okonturowanie w trzech obszarach poszukiwawczych niewielkich, izolowanych wystąpień osadów piaszczysto-żwirowych, spełniających kryteria dla złóż kruszywa morskiego.

Uzyskane wyniki będą podstawą do weryfikacji granic obszarów perspektywicznych dla występowania morskiego kruszywa piaskowo-żwirowego i aktualizacji mapy surowców okruchowych dla polskiej strefy Bałtyku, co w świetle planowania przestrzennego polskich obszarów morskich ma istotne znaczenie.

BILANS zasobów kopalin i wód podziemnych w Polsce, 1994–2014. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

MASŁOWSKA M., 2005 — Złoża kruszywa naturalnego w polskiej części Morza Bałtyckiego. *Biul. Państ. Inst. Geol.*, **416**: 5–43.

KRAMARSKA R. (red.), 2005 — Atlas parametrów litologicznych osadów powierzchniowych południowego Bałtyku. Państ. Inst. Geol., Warszawa, Gdańsk

KRAMARSKA R., 2011 — Surowce mineralne w granicach polskich obszarów morskich. *W*: Transgraniczne planowanie przestrzenne. Publikacja z II Międzynarodowej Konferencji 28–29 czerwca 2010 r.: 100–107. Wyd. Regionalne Biuro Gospodarki Przestrzennej Woj. Zachodniopomorskiego, Szczecin.

Ocena dostępności kruszyw do prowadzenia robót ziemnych dla inwestycji drogowych

Edyta Majer

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, filia
ul. Jagiellońska 76, 03-301 Warszawa

edyta.majer@pgi.gov.pl

Ważną kwestią do omówienia są aspekty mające wpływ na dostępność kruszyw do prowadzenia robót ziemnych dla inwestycji liniowych oraz stan dostępności do informacji o zasobach złóż kopalin.

Informacje o udokumentowanych zasobach złóż kopalin w Polsce znajdują się między innymi w dokumentacjach geologiczno-inżynierskich zgromadzonych w Narodowym Archiwum Geologicznym i w archiwach administracji geologicznej, pakietach informacyjnych dla złóż surowców miejscowych zlokalizowanych w pobliżu projektowanych autostrad w podziale na województwa, bilansie zasobów kopalin i wód w Polsce, Systemie Gospodarki i Ochrony Bogactw Mineralnych MIDAS, na witrynie Surowce mineralne Polski, w Centralnej Ewidencji i Informacji o Działalności Gospodarczej CEIDG.

Ocena dostępności surowca (kruszywa) do prowadzenia robót ziemnych dla inwestycji liniowych odbywa się na następujących etapach realizacji: etap projektowania, etap ofertowania, etap realizacji inwestycji. Do głównych czynników branych pod uwagę przy ocenie dostępności surowca na różnych etapach realizacji inwestycji należą:
– czynnik lokalizacyjny (źródła informacji o złożach),
– czynnik jakościowy – przydatność (wyniki badań udostępniane przez kopalnie i sprawdzenie przez wykonawcę robót ziemnych, czy materiały spełniały wymagania specyfikacji technicznych),
– czynnik ilościowy (informacja z bilansu złóż kopalin oraz od właścicieli kopalń o zasobach geologicznych, np.: bilans na dzień składania oferty oraz analiza tendencji z lat wcześniejszych),
– czynnik czasu (czy było możliwe zdobycie informacji o zasobach złóż i ich jakości w okresie od ogłoszenia przetargu do złożenia oferty oraz w trakcie realizacji przedsięwzięcia).

Graficznym obrazem oceny stanu dostępności surowca (kruszywa) jest *Mapa rozmieszczenia złóż kopalin w skali 1:100 000*. Mapę wykonano w celu przestrzennego zobrazowania lokalizacji kopalń na podstawie informacji zawartych w dokumentacjach geologiczno-inżynierskich i w „Bilansie zasobów kopalin i wód w Polsce". Na mapie przedstawiono następujące elementy: granice administracyjne, przebieg „rzeszowskiego" odcinka autostrady A4, obszary (bufory) wokół „rzeszowskiego" odcinka autostrady A4 w cięciu co 20 km, punktowe położenie złóż kopalin (kruszywa naturalnego – piaski i żwiry). Z opracowanej Mapy rozmieszczenia złóż uzyskano informację o ilości złóż w odległości 0–20 km, 20–40 km, 40–60 km, 60–80 km i 80–100 km od osi „rzeszowskiego" odcinka autostrady A4.

Kolejnym problemem, który należy omówić, jest ocena przydatności udokumentowanych złóż kopalin do budowy inwestycji infrastrukturalnych. Należy podkreślić, że zgodnie z rozporzą-

dzeniem ministra środowiska w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać dokumentacje hydrogeologiczne i geologiczno-inżynierskie część tekstowa dokumentacji geologiczno-inżynierskiej wykonywanej dla ustalenia geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych inwestycji liniowych, w zależności od potrzeb, powinna zawierać informację o lokalizacji i zasobach złóż kopalin oraz ich jakości, które mogą być wykorzystane przy wykonywaniu projektowanego obiektu. W większości przypadków dokumentacje nie zawierają informacji o jakości złóż, a tylko ich lokalizację. Taka sytuacja powoduje, że zakładane przez wykonawców zasoby kopalin przydatnych do wbudowania w nasypy mogą być istotnie niższe, niż podawane w dokumentacjach geologiczno-inżynierskich z uwagi na brak spełniania wymagań jakościowych.

Niemniej ważną kwestią jest dostępność surowca (kruszywa) w aspekcie prowadzenia wielu inwestycji w jednym rejonie kraju. W województwie podkarpackim w okresie 2009–2010 rozpoczęło się wiele inwestycji drogowych w związku z budową odcinka autostrady A4. Wpłynęło to na nagły wzrost zapotrzebowania na kruszywa, a w konsekwencji na wzrost cen w kopalniach. Z tego powodu wykonawcy nie mogli korzystać ze złóż zlokalizowanych blisko miejsca budowy, a poszukiwania innych złóż musiały dotyczyć terenów odległych od miejsca budowy, co miało wpływ na znaczący wzrost kosztów transportu.

Ochrona złóż kopalin – światełko w tunelu?

Barbara Radwanek-Bąk

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Karpacki
ul. Skrzatów 1, 31-560 Kraków

barbara.radwanek-bak@pgi.gov.pl

Potrzeba ochrony zasobów złóż, jako nieodnawialnych zasobów środowiska przyrodniczego, jest konieczna ze względu na zapewnienie bezpieczeństwa surowcowego, zarówno w aspekcie zaopatrzenia ludności w surowce mineralne, jak i zrównoważonego rozwoju gospodarczego kraju. Jej podstawowym warunkiem jest zapewnienie dostępu do złóż kopalin w celu ich gospodarczego wykorzystania teraz i w przyszłości, co oznacza ograniczenia w swobodnym wykorzystaniu powierzchni terenu w obrębie obszarów złożowych (zarówno udokumentowanych już złóż, jak i obszarów perspektywicznych surowcowo). Problematyka ochrony zasobów kopalin obejmuje ponadto takie aspekty, jak racjonalne wykorzystanie zasobów kopalin w całym cyklu surowcowym, obejmującym zarówno surowce pierwotne, jak i wtórne oraz racjonalna gospodarka złożami eksploatowanymi, umożliwiają długotrwałość ich użytkowania (Nieć, Radwanek-Bąk, 2014).

Rozwiązanie wielu różnorodnych konfliktów związanych z zapewnieniem ochrony zasobów złóż, a zwłaszcza z ograniczeniem zagospodarowania powierzchni terenu lub górotworu, jest nader skomplikowane i wymaga kompromisu wszystkich interesariuszy.

Nieudane próby wprowadzenia racjonalnej gospodarki złożami w Polsce datuje się od czasów powojennych. Po transformacji systemu gospodarczego i przyjęciu zasad gospodarki rynkowej, potrzebę ochrony złóż sygnalizowano niemal od początku, a różne jej aspekty omawiano w licznych publikacjach, których obszerny spis zamieszczono w książce „Ochrona i racjonalne wykorzystanie złóż kopalin" (Nieć, Radwanek-Bąk, 2014). W latach 2010–2011 na zlecenie Ministerstwa Środowiska wykonano kompleksową analizę uwarunkowań ochrony złóż wraz z propozycją rozwiązań prawnych (Nieć, Radwanek-Bąk, 2011), a w latach 2012–2013, w ramach projektu dofinansowanego ze środków UE (Nieć i in., 2013), opracowano kryteria waloryzacji złóż, które stały się podstawą wykonanego następnie pilotażowego rankingu grupy złóż kopalin skalnych. Sugestie oraz proponowane rozwiązania nie doczekały się jednak pozytywnego oddźwięku w postaci efektywnych i spójnych rozwiązań prawnych, ani też skutecznej egzekucji już wprowadzonych przepisów (np. ujmowanie udokumentowanych złóż kopalin w planach zagospodarowania przestrzennego gmin).

Ostatni rok przyniósł znaczny postęp w podejściu do tej problematyki. Dotyczy to głównie elit politycznych, które jak się wydaje dostrzegły jej wagę w aspekcie bezpieczeństwa surowcowego Polski i dyskusji nad pilną koniecznością opracowania polityki surowcowej kraju. Pojawiło się kilka ważnych inicjatyw, pośród których jednym z ważnych wątków stała się ochrona zasobów kopalin. Powstał projekt dokumentu pt. „Założenia do Planu działań na rzecz bezpieczeństwa Polski w zakresie surowców nieenergetycznych", opracowany w Ministerstwie Gospodarki, a następnie poddany specjalistycznej konsultacji Ministerstwa Środowiska, wielu ośrodków naukowych i podmiotów reprezentujących przemysł wydobywczy. W najbliższym czasie jest spodziewane ukazanie się ostatecznej wersji tego dokumentu, co pozwoli na dalsze działania.

Kolejną ważną inicjatywą o charakterze obywatelskim jest opracowanie dokumentu pt. „Polityka surowcowa Polski – rzecz o tym czego nie ma, a co jest bardzo potrzebne". Wykonał je niezależny zespół specjalistów: geologów, górników i ekonomistów. Redaktorem tego dokumentu jest prof. dr hab. Jerzy Hausner.

Bezpośrednio problematyki ochrony złóż dotyczy inicjatywa Ministerstwa Środowiska, prowadzona przez dr. inż. S. Brodzińskiego, głównego geologa kraju, opracowania „Białej księgi ochrony złóż kopalin". Nasilenie tej aktywności i nadanie jej odpowiedniego rozgłosu pozwala mieć nadzieję, że problem ochrony zasobów złóż kopalin doczeka się być może choćby częściowego rozwiązania.

Literatura

NIEĆ M., RADWANEK-BĄK B., 2011 — Propozycja ustawowej ochrony niezagospodarowanych złóż kopalin. *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie*, **7**: 12–17.

NIEĆ M., RADWANEK-BĄK B., 2014 — Ochrona i racjonalne wykorzystanie złóż kopalin. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.

NIEĆ M., RADWANEK-BĄK B., SALAMON E., 2013 — Wyniki waloryzacji problemy ochrony złóż. *W*: Waloryzacja niezagospodarowanych złóż kopalin skalnych w Polsce: 184–198. Wyd. Inst. Gór. Odkryw. Poltegor, Wrocław.

Problem niekoncesjonowanej eksploatacji kopalin okruchowych w Polsce

Iwona Walentek, Kamilla Olejniczak, Marta Sołomacha

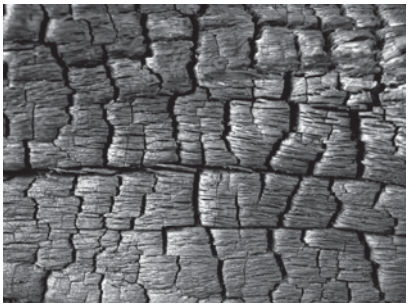
Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

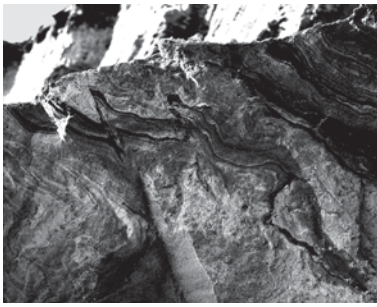
iwona.walentek@pgi.gov.pl, kamilla.olejniczak@pgi.gov.pl, marta.solomacha@pgi.gov.pl

Pomimo bezwzględnego zakazu wydobywania kopaliny inaczej niż jako koncesjonowana działalność gospodarcza, który obowiązywał do końca 2011 r., prowadzone przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy badania w latach 2002–2011 wykazały, że wydobywanie kopalin bez koncesji jest zjawiskiem powszechnym na obszarze całej Polski. Dotyczy to głównie kruszyw naturalnych piaskowo-żwirowych. Niekoncesjonowana eksploatacja kopalin negatywnie wpływa na środowisko naturalne, obniża walory krajobrazowe oraz zmniejsza przychody Skarbu Państwa. Działalność organów administracji geologicznej, prowadząca do ukarania sprawców, jest nieskuteczna. Tylko w nielicznych przypadkach są wydawane decyzje administracyjne naliczające podwyższone opłaty eksploatacyjne, a większość spraw, po przedłużających się postępowaniach administracyjnych, kończy się ich umorzeniem. Próby liberalizacji przepisów Prawa geologicznego i górniczego – ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. (Dz.U. 2011 Nr 163 poz. 981 ze zm.), które z początkiem 2012 r. pozwalają właścicielowi działki na wydobycie piasku i żwiru w ilości 10 m^3/rok na własne potrzeby, nie sprzyjają likwidacji tego procederu. W ramach realizowanego przez PIG-PIB tematu „Mapa geośrodowiskowa Polski II w skali 1:50 000" jest prowadzona od 2008 r. baza danych o punktach niekoncesjowanej eksploatacji kopalin na terenie Polski. Inwentaryzacją są objęte duże wyrobiska i kamieniołomy (o powierzchni powyżej 1 ara). Wszystkie punkty niekoncesjonowanej eksploatacji podlegają weryfikacji w terenie: jest wykonywany opis i dokumentacja fotograficzna wyrobiska. Obecnie w bazie znajdują się dane o ponad 2 600 punktach niekoncesjonowanej eksploatacji zlokalizowanych w południowej i południowo-zachodniej Polsce. Do końca 2015 r. zostanie zakończona inwentaryzacja wyrobisk powstałych w wyniku niekoncesjonowanej eksploatacji na pozostałym obszarze kraju. Baza jest dostępna dla osób zainteresowanych na portalu mapowym emgsp.pgi.gov.pl.

SESJA 6

BILANSOWANIE ZASOBÓW ZŁÓŻ KOPALIN





20 LAT EKSPLOATACJI ZŁÓŻ KAMIENI ŁAMANYCH I BLOCZNYCH W POLSCE

Dariusz Brzeziński

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

dariusz.brzezinski@pgi.gov.pl

Bogaty zasób informacji o złożach kopalin, zgromadzony w prowadzonym nieprzerwanie od 60 lat krajowym bilansie zasobów kopalin, pozwala na śledzenie średnio- i długookresowych zmian stanu zasobów i wielkości wydobycia poszczególnych kopalin, a także na analizę geologiczno-gospodarczą problemów związanych z gospodarką zasobami kopalin i surowcami mineralnymi w Polsce, na różnych etapach jej rozwoju. Jednym z ważnych aspektów analiz geologiczno-gospodarczych jest ocena stopnia i dynamiki wyczerpywania się zasobów poszczególnych rodzajów kopalin skalnych, ocena rezerw zasobowych oraz dostępności złóż, która w coraz większym stopniu jest ograniczana postępującą zabudową terenu i wymaganiami ochrony przyrody. W referacie przedstawiono wyniki analizy geologiczno-gospodarczej dla kamieni łamanych i blocznych w okresie ostatnich 20 lat. Kamienie łamane i bloczne stanowią od lat ważny surowiec mineralny niezbędny dla krajowego rozwoju budownictwa i infrastruktury. W ostatnich 20 latach produkcja i zużycie kamieni łamanych i blocznych rozwijały się dynamicznie, co było związane z rosnącym zastosowaniem elementów kamiennych dla nowych oraz kontynuowanych inwestycji budowlanych, infrastrukturalnych i in., a także z ponownym odkryciem walorów dekoracyjnych kamienia. Z kamieni spełniających odpowiednie wymagania są produkowane kruszywa łamane, powszechnie używane w budownictwie ogólnym, drogownictwie i kolejnictwie oraz elementy kamienne dla drogownictwa (kostka, płyty, krawężniki) i dla budownictwa (bloki, płyty, elementy ścienne, kamień murowy).

Cykliczne wahania dynamiki wzrostu liczby złóż, bazy zasobowej i poziomu wydobycia są ściśle związane z cyklami koniunkturalnymi w gospodarce kraju – z jednej strony jest to konieczność zapewnienia odpowiedniej (bezpiecznej) bazy zasobowej uszczuplanej bieżącą eksploatacją, a z drugiej strony jest to odpowiedź na oczekiwania rynku (zapotrzebowanie) w przyszłości. Wykonane przez autora zestawienia pozwalają na prześledzenie zależności i prawidłowości występujących w zmianach struktury ilościowej i zasobowej złóż oraz w zmianach struktury wydobycia omawianej grupy kopalin. Autor przeanalizował regionalną strukturę wydobycia wynikającą z nierównomiernego rozmieszczenia złóż poszczególnych rodzajów kopalin, będącą odzwierciedleniem zróżnicowanej budowy geologicznej kraju. W referacie przedstawiono również zmiany struktury wydobycia poszczególnych typów litologicznych skał stosowanych jako kamienie łamane i bloczne. Autor podjął próbę powiązania zmian wielkości wydobycia ze zmianami wielkości produktu krajowego brutto oraz wydatkami na budowę i modernizację infrastruktury drogowej i kolejowej, jak również ze zmianami ogólnej koniunktury w budownictwie.

Polska klasyfikacja zasobów – zmieniać czy nie zmieniać?

Marek Nieć

Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN
ul. Józefa Wybickiego 7, 31-261 Kraków

mark@min-pan.krakow.pl

Klasyfikacja zasobów obowiązująca w Polsce była formowana w latach 50. XX w. na wzór klasyfikacji zastosowanej w 1910 r. przez Międzynarodowy Kongres Geologiczny do oceny światowych zasobów złóż rud żelaza, a następnie przyjętej w rozbudowanej formie w ZSRR. Na początku lat 80. XX w. była proponowana przez Kanadyjczyków jako klasyfikacja międzynarodowa. W tym samym czasie Komisja Ekonomiczna ONZ rekomendowała do szerszego stosowania, szczególnie w krajach rozwijających się, konkurencyjną klasyfikację McKelvy'ego stosowaną przez służbę geologiczną USA, opartą na podobnych zasadach jak klasyfikacja polska. Mnogość klasyfikacji stosowanych w poszczególnych krajach i kompaniach górniczych stałą się podstawą do opracowania w ramach działalności Komisji Ekonomicznej ONZ międzynarodowej ramowej klasyfikacji zasobów (UNFC), która jest środkiem do porównywania różnych odmiennych klasyfikacji.

Globalizacja działalności górniczej i mnożące się jej niepowodzenia spowodowane nierzetelną oceną zasobów spowodowały, że podjęto działania w kierunku stworzenia jednolitych zasad dokumentowania złóż kopalin, wykazywania i klasyfikacji ich zasobów, ze szczególnym zwróceniem uwagi na wyróżnianie zasobów efektywnie wydobywalnych, to znaczy tych, które zostaną wydobyte. Określane są one w terminologii anglosaskiej jako *reserves*, w odróżnieniu od zasobów geologicznych w złożu określanych jako *resources*. Tak ujęte zasady oceny zasobów i ich klasyfikacja w odniesieniu do kopalin stałych ujęto w kodeksie Joint Ore Reserves Committee (JORC Code), a w odniesieniu do węglowodorów – w Petroleum Resources Management System (PRMS). Klasyfikacje te można w określony sposób wzajemnie porównywać.

Różnice między klasyfikacją polską a JORC i PRMS wynikają przede wszystkim z celu ich stosowania i odpowiednio akcentowania kryteriów podziału zasobów oraz stosowanej nomenklatury. Celem klasyfikacji polskiej jest przede wszystkim inwentaryzacja bazy zasobowej kraju i jej przydatności gospodarczej, a celem kodeksu JORC i PRMS jest ocena przygotowania zasobów do podejmowania działalności górniczej, stopień zaawansowania odpowiednich działań oraz ocena gwarancji ich sukcesu.

Klasyfikacja polska, JORC Code i PRMS nie wykluczają się wzajemnie, mogą być równolegle stosowane w zależności od ich celu. Niezbędna jest jedynie dobra znajomość ich zasad oraz sposobu porównywania.

Gospodarowanie zasobami węgla kamiennego w Polsce

Marek Nieć[1], Maciej Młynarczyk[2]

[1] Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN
ul. Wybickiego 7, 31-261 Kraków

[2] Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

maciej.mlynarczyk@pgi.gov.pl

Intensywnie prowadzone do lat 80. XX w. prace geologiczne powodowały, że notowano stały przyrost zasobów węgla kamiennego. Równocześnie stopień wykorzystania zasobów w czynnych kopalniach był i jest nadal oceniany bardzo krytycznie. Przemiany gospodarczo-ustrojowe w Polsce wywołały zmiany w sposobie oceny zasobów kwalifikujących się do gospodarczego wykorzystania i zmniejszenie się ich ilości wykazywanej w publikowanym co roku „Bilansie zasobów złóż kopalin w Polsce", co sugeruje brak dostatecznej kontroli nad gospodarką zasobami węgla oraz przyzwolenie na działania sprzeczne z wyobrażeniami o właściwym ich wykorzystaniu. Dane o wielkości zasobów w szczególności dyspozycyjnych, mimo że są obliczane według sformalizowanych reguł, są obarczone niepewnością, wynikającą z ograniczonego stopnia rozpoznania złóż i ich zmienności oraz z ograniczonej możliwości prognozowania przyszłych warunków ekonomicznych działalności górniczej. W ustalonych granicach złoża, w złożach nieeksploatowanych, w wyniku lepszego rozpoznania, są stwierdzane „przyrosty" lub „ubytki" zasobów, które oznaczają tylko stwierdzenie, że zasobów jest więcej bądź mniej niż wcześniej oczekiwano. Wykazywane zmiany kwalifikacji zasobów bilansowych do pozabilansowych lub ograniczenie zakresu kwalifikacji zasobów bilansowych do przemysłowych nie jest ich fizyczną likwidacją, lecz jedynie zmianą oceny ich wykorzystania.

Zmiana kryteriów bilansowości (ograniczenie dokumentowania do głębokości 1000 m) i zmiana oceny stopnia zbadania złoża poniżej kategorii C_2 powodowała eliminację zasobów z publikowanego bilansu. Zasoby wyeliminowane są kwalifikowane jako prognostyczne i odrębnie wykazywane. Zmiany zasobów złóż spowodowane zmianą kryteriów bilansowości ujawniają się stopniowo w miarę opracowywania nowych dokumentacji lub dodatków do dokumentacji i ich przyjmowania i zatwierdzenia.

Duże zmiany zasobów poszczególnych złóż (kopalń) były i są powodowane zmianami granic złóż w związku z restrukturyzacją kopalń i podejmowanymi decyzjami przez użytkownika złoża o ich łączeniu lub wydzielaniu części przewidzianej do likwidacji. Zmiany te zawsze są dokumentowane na mapach oraz w rozliczeniu zasobów.

W sposób istotny o gospodarce złożami węgla kamiennego decydują:
– istniejące i planowane zagospodarowanie przestrzenne powierzchni na terenie złóż, które ogranicza możliwość ich eksploatacji; brak jest w przepisach prawa sprecyzowania zasad ochrony złóż niezagospodarowanych i pozostawionych przez likwidowane kopalnie w ramach planów zagospodarowania przestrzennego;
– warunki geologiczne eksploatacji, w szczególności tektonika i zagrożenia naturalne;

– uwarunkowania ekonomiczne eksploatacji i gospodarka finansowa kopalń decydujące o opłacalności eksploatacji; słabą stroną gospodarki złożem w kopalniach czynnych oraz likwidowanych i przyczyną nie zawsze racjonalnego jej prowadzenia z punktu widzenia wykorzystania zasobów jest brak jasno określonych, jednolicie stosowanych, kryteriów ekonomicznych kwalifikowania zasobów przemysłowych i ich oceny; ocena i kontrola poprawności gospodarki złożem uzależnionej od polityki finansowej przedsiębiorstwa i kalkulacji kosztów leży poza kompetencjami organów administracji i nadzoru górniczego.

Stan zasobów wód podziemnych zaliczonych do kopalin w Polsce oraz stopień wykorzystania ich zasobów

Lesław Skrzypczyk, Jakub Sokołowski, Mariusz Socha, Agnieszka Felter

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

lesław.skrzypczyk@pgi.gov.pl, jakub.sokolowski@pgi.gov.pl, mariusz.socha@pgi.gov.pl, agnieszka.felter@pgi.gov.pl

Bilansowanie zasobów złóż kopalin, w tym wód leczniczych, termalnych i solanek, jest jednym z podstawowych zadań państwowej służby geologicznej. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy jest ustawowo zobowiązany do regularnego przedstawiania stanu bazy zasobowej kraju. Raport ten jest sporządzany corocznie na podstawie informacji otrzymywanych od organów administracji geologicznej i użytkowników złóż wód podziemnych.

Prezentacja zawiera przegląd stanu zasobów i wykorzystania wód podziemnych zaliczonych do kopalin, tj. wód leczniczych, termalnych i solanek, w Polsce w latach 2013–2014, z odniesieniem do lat poprzednich. W okresie tym wykonano wiele nowych otworów wiertniczych, dokumentując przy tym nowe złoża wód podziemnych, głównie termalnych. Wyraźny wzrost zainteresowania eksploatacją wód podziemnych zaliczonych do kopalin w ostatnich latach jest wynikiem m.in. zmiany przepisów ustawy Prawo geologiczne i górnicze. Zmiany te polegały na uproszczeniu procedur formalno-prawnych dla tego rodzaju działalności. Aby te korzystne tendencje utrwalić, należy podjąć również prace nad utworzeniem nowego sytemu finansowania projektów wykorzystujących wody zaliczone do kopalin.

Łącznie w Polsce wody podziemne zaliczone do kopalin udokumentowano w ok. 500 ujęciach – otworach hydrogeologicznych (studniach), źródłach, szybach, sztolniach oraz wypływach w wyrobiskach górniczych, znajdujących się w ponad 120 miejscowościach. Wody lecznicze i termalne są przedmiotem działalności gospodarczej w 41 uzdrowiskach i 6 ciepłowniach geotermalnych, a także w wielu innych ośrodkach balneoterapeutycznych i rekreacyjnych, w rozlewniach wód podziemnych, zakładach produkujących sól i preparaty lecznicze oraz naturalny dwutlenek węgla, a nawet są wykorzystywane do zasilania miejskich sieci wodociągowych.

60 LAT „BILANSU ZASOBÓW ZŁÓŻ KOPALIN W POLSCE"

Marcin Szuflicki, Agnieszka Malon, Marcin Tymiński

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

marcin.szuflicki@pgi.gov.pl

Publikacja przedstawiająca bilans zasobów złóż kopalin w Polsce jest wydawana od lat 50. ubiegłego wieku; w 2014 r. opublikowano jej 60. edycję. Za powstawanie Bilansu odpowiedzialne były kolejno: Centralny Urząd Geologii (do 1985 r.), Ministerstwo Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych (w latach 1986–1988) oraz Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (od 1989 r. do dziś). Bilans od początku był opracowaniem zbiorowym, stąd należy docenić wkład pracy kolejnych zespołów autorskich, ze szczególnym uwzględnieniem roli redaktorów naczelnych, wśród których należy wymienić: M. Iwanowskiego, F. Szczepańskiego, J. Janiszewskiego, J. Obtułowicza, F. Kozubskiego, K. Żandarmskiego, J. Szawdyna, R. Cichego, B. Orłowskiego, S. Przeniosło, M. Gientkę, S. Wołkowicza i M. Szuflickiego.

Podstawę prawną bilansowania zasobów złóż kopalin stanowiły kolejno: Dekret o państwowej służbie geologicznej z 1951 r., ustawa o prawie geologicznym z 1960 r., ustawa Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. 2015 Nr 196 j.t.), nakładająca obowiązek opracowania Bilansu na PIG-PIB, jako pełniącego funkcję państwowej służby geologicznej.

Do 1988 r. informacje potrzebne do wydania publikacji pochodziły z dokumentacji geologicznych, kart rejestracyjnych oraz z ministerstw i innych organizacji publicznych, po 1988 r. natomiast Bilans opiera się na danych z dokumentacji geologicznych gromadzonych w Narodowym Archiwum Geologicznym oraz z formularzy statystycznych, dostarczanych do PIG-PIB przez użytkowników złóż. W pierwszych wydaniach liczba omawianych złóż nie przekraczała kilkuset, w kolejnych latach systematycznie rosła – do ponad 1000 złóż w 1961 r., ponad 4000 w 1986 r. i ponad 13 000 w 2014 r. Przy tak dużej ilości danych niezbędne było i jest korzystanie z komputerowych baz danych – pierwszego systemu informatycznego w CUG, Systemu SUEZ Zakładu Informatyki Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Techniki Geologicznej oraz Systemu Gospodarki i Ochrony Bogactw Mineralnych Polski MIDAS PIG-PIB (działającego od 1988 r.). System MIDAS gromadzi obecnie dane dotyczące ponad 17 000 złóż w zakresie m.in. ich stanu zagospodarowania, zasobów i wydobycia. System ten jest dostępny na stronie internetowej PIG-PIB http://geoportal.pgi.gov.pl/midas-web.

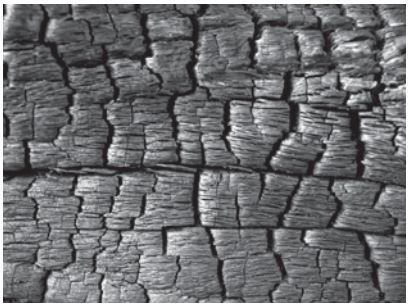
Obecny „Bilans zasobów złóż kopalin w Polsce" zawiera informacje o złożach, które podzielono na 4 grupy kopalin: energetyczne, metaliczne, chemiczne i inne (skalne). W rozdziałach dotyczących poszczególnych kopalin znajdują się informacje o rejonach występowania, charakterze złóż, jakości kopalin, ich zastosowaniu oraz tabele z danymi o zasobach na poziomie krajowym i wykazem złóż w układzie regionalnym lub wojewódzkim. W 2012 r. wyłączono z bilansu informacje nt.: odpadów kopalnianych, wód podziemnych pitnych i przemysłowych oraz importu i eksportu surowców mineralnych. Dwa ostatnie zagadnienia, a także zestaw 13 map występowania złóż kopalin w Polsce i mapy koncesji (w formacie JPG) są obecnie prezentowane na stronie internetowej http://geoportal.pgi.gov.pl/surowce. Witryna ta powstała w 2011 r. jako połączenie informacji zawartych w Bilansie i w systemie MIDAS i jest wyj-

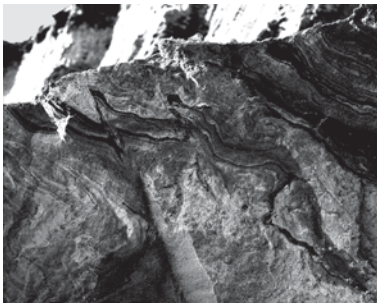
ściem naprzeciw potrzebom wszystkich zainteresowanych informacją o zasobach złóż kopalin w Polsce. Oprócz wymienionych danych, można na niej znaleźć archiwalne wydania publikacji z lat 2007–2013 (w formacie PDF).

W celu popularyzacji wiedzy o surowcach mineralnych Polski i zwiększenia dostępu do tych informacji w latach 1995, 2000, 2005, 2012 ukazały się anglojęzyczne wersje Bilansu – „Mineral Resources of Poland". Wersje te zawierały dane z 5 lat oraz mapy z lokalizacją złóż poszczególnych surowców lub ich grup.

SESJA 7

GEOLOGIA W ARCHITEKTURZE, MALARSTWIE I ZDOBNICTWIE. HISTORIA GÓRNICTWA





Między dwiema wojnami – wpływ przekształceń polityczno-gospodarczych na poziom eksploatacji węgla kamiennego w górnośląskim zagłębiu węglowym w latach 1914–1945

Jarosław Bednorz

Kompania Węglowa SA, Oddział KWK „Pokój”
ul. Niedurnego 13, 41-705 Ruda Śląska

Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk Społecznych
ul. Bankowa 11, 40-007 Katowice

e-jbednorz@tlen.pl

Okres I wojny światowej odcisnął piętno na sytuacji polityczno-gospodarczej GZW. O ile I wojna światowa nie wpłynęła zasadniczo na przebieg granic okręgów Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (podziałowi i zmianie przynależności państwowej uległ jedynie okręg dąbrowski), o tyle skutkowała zmianami wielkości produkcji węgla kamiennego. Przyczyną był przedłużający się konflikt militarny, powołanie do wojska rzeszy górników oraz braki w zaopatrzeniu kopalń w różnego rodzaju towary niezbędne dla produkcji (drewno, smary, metale kolorowe oraz pasze dla używanych w kopalniach koni). Ze względu na fakt, że właścicielami kopalń był w przeważającej mierze kapitał niemiecki, zmiany własnościowe również nie były znaczące w porównaniu z okresem przedwojennym.

Powstanie granic niepodległej Polski, po zakończeniu I wojny światowej, nie było jednoznaczne z zakończeniem przekształceń politycznych, społecznych i gospodarczych na terenie GZW. Dopiero po kilku latach od zakończenia wojny ustabilizowały się granice państwa polskiego, w tym także GZW. Z połączonych okręgów powstało tzw. Polskie Zagłębie Węglowe. Nowy podział wpłynął na granice, stosunki własnościowe, strukturę oraz wydobycie węgla. Zwłaszcza brzemienny w skutkach był podział kopalń, których właścicielami byli Niemcy, a które, w nowej sytuacji geopolitycznej, znalazły się po obu stronach granicy. Okres dwudziestolecia międzywojennego, z kryzysami światowymi, powstaniami oraz konfliktami lokalnymi miał ogromny wpływ na produkcję węgla kamiennego, powstawanie lub likwidację kopalń, spółek czy koncernów. Na sytuację kopalń szczególnie negatywnie wpłynęła „wojna celna” i światowy kryzys gospodarczy. W tym czasie właśnie pojawiło się zjawisko nielegalnego pozyskiwania węgla w tzw. biedaszybach.

II wojna światowa, jak żadna inna sytuacja polityczna, miała ogromny wpływ na kształt oraz gospodarkę GZW. Aneksja całego obszaru wiązała się z podporządkowaniem całego Zagłębia hitlerowskiemu aparatowi władzy. Praktycznie jedynym właścicielem kopalń stało się państwo niemieckie. Przedłużająca się wojna, a w efekcie niekorzystny dla niemieckiego okupanta przebieg konfliktu, wpłynął na poziom wydobycia węgla, stan techniczny kopalń i sytuację społeczną górników. Brak inwestycji spowodowany, podobnie jak w czasie I wojny światowej, niedoborami materiałów, zatrudnianiem jeńców wojennych i robotników przymusowych, przyczynił się do znacznego ograniczenia produkcji, pomimo prób uruchamiania wcześniej zamkniętych kopalń węgla.

Historia badań mineralogicznych złoża miedzi na górze Miedziance w górach Świętokrzyskich

Szymon Belzyt, Maciej Swęd

Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza
ul. Maków Polnych 16, 61-606 Poznań

maciekeska@gmail.com

Z historią górnictwa świętokrzyskiego nierozerwalnie jest związane złoże miedzi na Górze Miedziance. Góra Miedzianka, wraz z miejscowością o tej samej nazwie znajdują się w zachodniej części trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich. Początki wydobycia miedzi sięgają XIV wieku, największy rozkwit górnictwo kruszcowe na Miedziance przeżyło w XV i pierwszej połowie XVI wieku (Rubinowski, 1971). Początkowo zainteresowanie wzbudzały niewielkie domieszki srebra w złożach miedzi i ołowiu, a dopiero później zainteresowano się złożami metali kolorowych, w tym miedzią (Rubinowski, 1971). Pierwsze i powierzchowne badania naukowe przeprowadzone na Miedziance, prawdopodobnie głównie z zakresu mineralogii, miały miejsce pod koniec XVIII i w pierwszej połowie XIX wieku, kiedy to w Kielcach Stanisław Staszic powołał komisję kruszcową. W tym samym czasie powstała również Szkoła Akademiczno-Górnicza. Ważnym etapem w historii górnictwa kruszcowego na Miedziance było pozyskanie w 1902 r. pierwiastka miedzi z ubogich rud metodą elektrolityczną, zastosowaną po raz pierwszy na świecie przez braci Łaszczyńskich. W 1923 r. J. Morozewicz opisał ze złoża miedzi nowy minerał należący do szeregu izomorficznego: tenantyt–tetraedryt i nazwał go miedziankitem (Morozewicz, 1923). Dopiero po II wojnie światowej, w latach pięćdziesiątych zostały wykonane badania mineralogiczne mające na celu rozpoznanie geologiczne złoża, w szczególności oszacowanie zasobów złóż miedzi (Rubinowski, 1958). Złoże miedzi na Miedziance to jednak nie tylko historia, obecnie również są podejmowane różnego rodzaju badania mineralogiczne i geochemiczne, prowadzone zarówno przez pracowników naukowych, jak i studentów. Tego rodzaju badania zostały przeprowadzone w ramach projektu naukowego pt. „Mineralogia hałd wietrzeniowych złoża Miedzianka (Góry Świętokrzyskie)" przez członków Koła Naukowego Geologów UAM. Reliktem dawnego górnictwa miedziowego są hałdy, stanowiące doskonały obiekt nowych badań z zakresu geochemii środowiska oraz ochrony środowiska, których wyniki mogą stać się podstawą do lepszej i przemyślanej rekultywacji obszarów pogórniczych.

Literatura

MOROZEWICZ J., 1923 — O Miedziankicie. *Sprawozdania Państwowego Instytutu Geologicznego.*

RUBINOWSKI Z., 1958 — Wyniki badań geologicznych w okolicy Miedzianki Świętokrzyskiej. *Biul. Inst. Geol.*, **126**.

RUBINOWSKI Z., 1971 — Rudy metali nieżelaznych w Górach Świętokrzyskich i ich pozycja metalogeniczna. *Biul. Inst. Geol.*, **247**.

Wykorzystanie metod badawczych stosowanych w mineralogii i petrografii do badań pigmentów, użytych do wykonania polichromii we wnętrzach kamienic na Starym Rynku w Poznaniu

Magdalena Filipiak

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Instytut Geologii
ul. Maków Polnych 16, 61-606 Poznań

magdaf@amu.edu.pl

Najstarsze murowane domy na rynku poznańskim zaczęły powstawać pod koniec XIV wieku, a do połowy XV ponad połowa budynków była już murowana. Raz wzniesione kamienice nie były nigdy wyburzane, tylko ewentualnie przebudowywane (Korduba, 2003). Niestety większość budynków na Starym Rynku w Poznaniu spłonęła podczas walk w 1945 r., a obecnie około 60% zabudowy to rekonstrukcje powstałe w latach 50. XX wieku (Kondziela, 1971). Do nielicznych zachowanych z pożogi wojennej kamienic należą numery 41 i 43, będące częścią pierzei wschodniej. Nie tylko uniknęły one większych zniszczeń, ale dodatkowo w ich wnętrzach zachowały się pozostałości polichromii ściennych, datowanych na XV wiek i później.

Na potrzeby badań malowideł ściennych, znajdujących się w dwóch sąsiednich kamienicach na poznańskim rynku, pobrano ponad 100 próbek polichromii. Do ich analizy zastosowano m.in. metody: mikroskopii optycznej, analizy spektralnej i mikroskopii skaningowej (SEM-EDS), techniki obrazowania w podczerwieni (FTIR-ATR) oraz metodę mikrospektroskopii ramanowskiej.

Badania z wykorzystaniem mikroskopu petrograficznego pozwoliły na uzyskanie danych dotyczących: stratygrafii warstw malarskich, koloru i ich grubości, wielkości i kształtu ziaren użytych pigmentów oraz obecności związków metalicznych.

Na podstawie obrazów ze skaningowego mikroskopu elektronowego uzyskano dodatkowe informacje na temat stratygrafii i struktur warstw malarskich, a zastosowanie spektrometru EDS pozwoliło na otrzymanie danych półilościowych dotyczących składu pierwiastkowego poszczególnych elementów malowidła, a tym samym na wstępną identyfikację zastosowanych pigmentów.

Za pomocą badań metodą FTIR – ATR i/lub mikrospektroskopii ramanowskiej zidentyfikowano dodatkowo poszczególne fazy krystaliczne w danych próbkach, które w większości potwierdziły wyniki uzyskane za pomocą metody SEM-EDS.

Połączenie powyższych metod pozwoliło na uzyskanie wyników komplementarnych i w wielu przypadkach jednoznacznych. Zidentyfikowano występowanie następujących pigmentów: minii ołowiowej, czerwonej ochry, aurypigmentu, masykotu, żółtej ochry, malachitu, azurytu, kredy, bieli ołowiowej, sadzy płomieniowej oraz czerni z winorośli.

Pierwsze wyniki wskazują na zróżnicowanie palet pigmentów zastosowanych do wykonania malowideł ściennych w obydwu kamienicach, a także na różnice między wczesnymi malowidłami z końca XV i początku XVI wieku i późniejszymi malowidłami baroku.

Literatura

KONDZIELA H., 1971 — Stare Miasto w Poznaniu. Zniszczenia, odbudowa, program dalszych prac. Wydaw. Poznańskie. Poznań

KORDUBA P., 2003 — Najdawniejsze dzieje Starego Rynku. Próba podsumowania badań archeologicznych. *Kronika Miasta Poznania*, **2**: 87–116.

Najstarsze ośrodki edukacji górniczej i nauk o ziemi w Europie

Marek Graniczny[1], Joanna Kacprzak[1], Halina Urban[1], Albin Zdanowski[2]

[1] Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

[2] Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Górnośląski
ul. Królowej Jadwigi 1, 41-200 Sosnowiec

marek.graniczny@pgi.gov.pl

Pierwsze szkoły, kształcące w głównie inżynierów i techników dziedzinie górnictwa i nauk o Ziemi, zaczęły powstawać na terenie Europy w XVIII wieku. Wiązało się to z rosnącym zapotrzebowaniem na specjalistów zajmujących się pozyskiwaniem różnego typu kopalin. Spośród najstarszych wyższych szkół wymienia się na ogół Akademię Górniczą we Freibergu, która powstała w 1765 r., Akademię Górniczą i Leśniczą w Bańskiej Szczawnicy – z 1770 r., Instytut Górniczy w Sankt-Petersburgu – z 1773 r., Ecoles de Mines w Paryżu – z 1783 r., Wyższą Szkołę Górniczą w Clausthal – z 1810 r. oraz Najwyższą Szkołę Górniczą w Kielcach, potocznie nazywaną Kielecką Akademią Górniczą, utworzoną z inicjatywy Stanisława Staszica w 1816 r. Zachowane dokumenty wskazują jednak, że nauczanie w Bańskiej Szczawnicy rozpoczęto co najmniej kilkanaście lat wcześniej. Na terenie Cesarstwa Austro-Węgierskiego za przełomowe dla edukacji górniczej należy uznać lata trzydzieste XVIII wieku; wtedy to zapoczątkowano szkolenie ekspertów górniczych w szeregu ośrodków. W tym okresie Samuel Mikovini, odpowiedzialny za pomiary kartograficzne na terenie Węgier, został mianowany geometrą miast górniczych Dolnych Węgier. Do jego zadań należało również szkolenie specjalistów w zakresie teoretycznych i praktycznych pomiarów dla celów górnictwa. Był on także założycielem szkoły górniczej w Bańskiej Szczawnicy, w 1735 r.

Omawiając najstarsze ośrodki edukacji górniczej i geologicznej, nie sposób pominąć Państwowego Instytutu Górniczego w St. Petersburgu. Pierwsze wzmianki dotyczące utworzenia w Rosji szkoły górniczej przypisuje się reformatorskiemu carowi Piotrowi I oraz uczonemu Michaiłowi Łomonosowowi na początku XVIII w. Pomysły te zostały zrealizowane przez carycę Katarzynę II, która podpisała stosowny edykt w listopadzie 1773 r. ustanawiający w Petersburgu Szkołę Górniczą (*Gornoje Ucziliszcze*) w celu kształcenia górniczych kadr inżynieryjnych. Wielu polskich absolwentów – geologów – wielce zasłużyło się później w rozwój nauki, oddając swoje usługi zarówno na rzecz państwa rosyjskiego, jak i Polski.

Absolwent Instytutu Górniczego w Petersburgu, Stanisław Kontkiewicz, wraz z grupą polskich inżynierów i działaczy przemysłowych w 1881 r. rozpoczął intensywne zabiegi mające na celu otwarcie szkoły górniczej w Królestwie Polskim na terenie Zagłębia Dąbrowskiego. Ostatecznie zabiegi grupy inicjatywnej powiodły się i w lutym 1889 r. nastąpiło oficjalne otwarcie Szkoły Górniczej „Sztygarka" w Dąbrowie Górniczej. W celu zapoznania uczniów z naturalnym środowiskiem górniczym, w którym mieli w przyszłości pracować, zorganizowano Muzeum Geologiczne oraz zbudowano sztolnię z udostępnionymi pokładami węgla kamiennego, istniejącą do dziś.

Niewiele osób zapewne wie, że na terenie ówczesnych Prus, a obecnie na terytorium naszego kraju – w Wałbrzychu (Waldenburg) – działała szkoła o podobnym profilu. Dzień 1 lipca 1838 r. ustanowiono dniem utworzenia szkoły. Nauczanie odbywało się zgodnie z instrukcją dla kursów przygotowujących do zawodu rębacza w Dolnośląskiej Szkole Górniczej z dnia 19 czerwca 1838 r., opracowaną przez radcę górniczego Erdmanna. W czasie I wojny światowej jesienią 1916 r. szkoła została zamknięta. W trakcie wojny poległo jej sześciu uczniów. Reaktywowanie nauki podjęto na przełomie 1920 i 1921 r.

Dzieje budowy gmachów Państwowego Instytutu Geologicznego oraz ich architektura (1919–1936)

Marek Graniczny, Halina Urban, Joanna Kacprzak

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

marek.graniczny@pgi.gov.pl

Pierwszą, prowizoryczną siedzibą Państwowego Instytutu Geologicznego, było kilkanaście pomieszczeń w Pałacu Staszica w Warszawie przy ul. Krakowskie Przedmieście. Ówczesny Instytut nie mieścił się jednak na niewielkiej, udostępnionej mu, powierzchni. Dlatego też dyrektor Instytutu, Józef Morozewicz, przygotował stosowny memoriał, opublikowany 9 stycznia 1919 r., w którym uzasadniał potrzebę powstania nowego budynku. Argumenty przytoczone przez Morozewicza znalazły uznanie i poparcie Sekcji Górniczo-Hutniczej. Ostateczną decyzję o budowie gmachu dla Instytutu podjęto 30 maja 1919 r. na plenarnym posiedzeniu Sejmu. Wydział Gmachów Państwowych Ministerstwa Rolnictwa i Dóbr Państwowych zaproponował pod budowę gmachu Instytutu „Plac państwowy na Mokotowie między ulicami Rakowiecką, Wiśniową, i Kazimierzowską, o powierzchni 22.500 m^2". Po uzyskaniu lokalizacji obiektów zawiązano Komitet Organizacyjny Budowy gmachu Instytutu, którego pierwsze posiedzenie odbyło się 19 września 1919 r. Komitet Organizacyjny wybrał architektoniczny projekt zabudowy wykonany przez profesora Mariana Lalewicza (1876–1944), wybitnego architekta, absolwenta Akademii Sztuk Pięknych w Petersburgu. Prace budowlane ciągnęły się jednak bardzo długo. Związane to było z ograniczonymi środkami finansowymi oraz ogólnie trudną sytuacją ekonomiczną państwa, w tym między innymi z szalejącą inflacją. Kredyty przyznane na budowę wyglądały imponująco, ale tylko na papierze. W 1922 r. była to kwota 50 000 000 marek, 1923 r. – 337 500 000, w 1924 r. – 80 000 złotych polskich (po denominacji). W 1925 r. kwotę tę podniesiono do 300 000 zł, co pozwoliło na ukończenie gmachu południowego; w dniu 24 czerwca 1926 r. nastąpił jego formalny odbiór. Stylistyka budynku nawiązywała do architektury akademickiego renesansu z odniesieniami do narodowego historyzmu, w tym przypadku do polskich dworów, z wyeksponowanymi we frontowych i bocznych elewacjach kolumnowymi portykami i łamanym „polskim dachem". Gmach główny w stanie surowym został ukończony w 1929 r. i tego samego roku 22 grudnia odbyło się poświęcenie budynku w obecności m.in.: ministra E. Kwiatkowskiego, prezesa Najwyższej Izby Kontroli S. Wróblewskiego i prezesa Polskiej Akademii Umiejętności K. Kostaneckiego. Stosowny akt wmurowano w fundament pawilonu frontowego pod głównym wejściem do gmachu (od strony ulicy Batorego).

Gmach główny został oddany do częściowego użytku w 1930 r., wtedy też nastąpiła ostateczna przeprowadzka z Pałacu Staszica. Według znawców architektury, projekt gmachu PIG stanowił wyjątek wśród przedsięwzięć Lalewicza zrealizowanych po powrocie do kraju. W tym przypadku nawiązywał z rozmysłem do różnych form architektury rodzimej, między innymi do twórczości Antonio Corazziego, włoskiego architekta działającego w Polsce w latach 1818–1845. Zauważalna jest również analogia między wystrojem wnętrz sali muzealnej (obecnie imienia E. Strzeleckiego) a renesansowymi krużgankami dziedzińca na Wawelu.

W roku 1936 otrzymano niezbędne środki finansowe, dzięki którym w czerwcu tego roku było możliwe ostateczne zakończenie prac budowlanych.

Odbudowane po zniszczeniach wojennych gmachy służą Instytutowi po dzień dzisiejszy, a wnętrze pawilonu głównego należy do jednego z najpiękniejszych wnętrz w Warszawie. Decyzją Dyrektora J. Nawrockiego patronem tego gmachu został Józef Morozewicz. W dniu 17 maja 2013 r. przy głównym wejściu odsłonięto tablicę pamiątkową, poświęconą pierwszemu dyrektorowi PIG. To symboliczny wyraz wdzięczności za jego, zakończone z sukcesem, niestrudzone wysiłki, starania i upór w trakcie projektowania i realizacji budowy siedziby Instytutu.

Historia poszukiwań ropy naftowej na ziemiach polskich do 1939 roku

Marek Graniczny, Stanisław Wołkowicz, Halina Urban, Krystyna Wołkowicz

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

marek.graniczny@pgi.gov.pl

Jedne z pierwszych informacji z naszego kraju na temat oleju skalnego, jak nazywano kiedyś ropę naftową, pochodzą z XVI wieku. W Galicji istnienie ropy naftowej, jako surowca do wyrobu asfaltu, było znane od wieków, używano go do pokrywania dachów w celu uszczelnienia przed wilgocią i deszczami. Wzmianki na ten temat pochodzące z XVII i XVIII wieku wymieniają szereg miejscowości galicyjskich, w których występowały naturalne wycieki ropy naftowej, były to między innymi: Gorlice, Krosno, Sanok, Ustrzyki oraz Drohobycz. W XVIII wieku ropą naftową zainteresowali się naukowcy. Pierwszeństwo na tym polu przypadło oczywiście geologom.

Stanisław Staszic (1755–1826) w swym słynnym dziele „O ziemiorództwie Karpatów i innych gór i równin w Polsce" (z 1815 r.), powszechnie uznawanym za pierwsze obszerne opracowanie na temat geologii i surowców mineralnych Polski, opisuje kopalnie „skałolejów cieknących". Inny wybitny geolog i kartograf, profesor Uniwersytetu Jagiellońskiego **Ludwik Zejszner (1805–1871)**, potwierdził fakt istnienia ropy w Beskidzie Niskim w 1848 r. Powszechnie na świecie uważa się, że kolebką przemysłu naftowego jest Pensylwania. Nie znajduje to jednak potwierdzenia w datach. Pierwsze otwory naftowe odwiercono w Ameryce w 1859 r., w okolicach miasta Titusville. W tym samym okresie w Borysławiu (obecnie Ukraina) było 30 odwiertów, natomiast w Słobodzie Ruskiej – 40 studzien ropnych. Nowy impuls dalszym poszukiwaniom przyniosło odkrycie Jana Zecha i Ignacego Łukasiewicza (w 1853 r.), którzy jako pierwsi otrzymali chemicznie oczyszczoną ropę naftową. Potwierdza to patent zarejestrowany pod datą 2 grudnia. W 1854 r. rozpoczęto poszukiwania ropy naftowej w Bóbrce. Zgodnie z ówczesną wiedzą kopano studnie zgodnie z przyjętym planem; najczęściej były głębokie na dwadzieścia metrów i cembrowane drewnem. W 1896 r., w Borysławiu odwiercono szyb „na Potoku". Z odwiertu tego, prowadzonego przez Władysława Długosza (1864–1937), pozyskiwano około 40 ton/24 h. Rok 1874 wyznaczył kolejny etap rozwoju przemysłu naftowego w Karpatach i na Podkarpaciu. W 1904 r. odwiercono nowy otwór „Wilno" – z produkcją 400 ton/24 h, kolejny otwór „Litwa" – z produkcją 800 ton/24 h ropy, a następnie w Tustanowicach „Oil City" o wydajności 2500 ton/24 h. Długosz, jako odkrywca Borysławia, został doceniony zaszczytami jako poseł na sejm i do Rady Państwa oraz stanowiskiem ministra dla Galicji.

Na terenie Pogórza Karpackiego i Beskidu Niskiego jak „grzyby po deszczu" zaczęły pojawiać się spółki zajmujące się poszukiwaniem ropy naftowej. Wymieniając autorów zajmujących się badaniami fliszu w Karpatach i poszukiwaniem węglowodorów, nie sposób pominąć profesora **Rudolfa Zubera (1858–1920)**. W 1876 r. podjął studia na Uniwersytecie Lwowskim, na Wydziale Filozoficznym, gdzie zafascynowała go przede wszystkim chemia i mi-

neralogia. W 1881 r. wspólnie z profesorem F. Kreutzem opublikował pierwszą pracę o charakterze czysto geologicznym – „O stosunkach geologicznych okolic Mraźnicy i Schodnicy", która ukazała się również na łamach czasopisma „Kosmos". Była ona efektem podjęcia przez niego studiów geologicznych w Karpatach. W następnych latach ukazują się kolejne publikacje, świadczące o jego zainteresowaniu poszukiwaniem węglowodorów i geologią regionalną. W 1886 r. Zuber wyjechał do Argentyny, gdzie został zatrudniony jako ekspert-geolog oraz dyrektor przedsiębiorstwa zajmującego się poszukiwaniem ropy naftowej. Na kontynencie amerykańskim spędził kolejne sześć lat, po czym w 1893 r. powrócił do pracy na Uniwersytecie Lwowskim. Profesor Rudolf Zuber był w swoim czasie najbardziej uznanym badaczem fliszu Karpat i autorem syntetycznego dzieła „Flisz i nafta" (1918), będącego jednym z klasycznych prac geologicznych epoki. Kolejnym słynnym geologiem, który przyczynił się do kształcenia kadr i przyszłych specjalistów, był profesor **Władysław Szajnocha (1858–1928)**. W 1874 r. objął Katedrę Geologii UJ, nazywaną wówczas „Gabinetem Geologicznym", który był uważany za pierwszą instytucję geologiczną na ziemiach polskich. W 1884 r. opublikował rozprawę „Studia geologiczne w Karpatach Galicji Zachodniej", początkującą jego badania nad fliszem karpackim. W 1891 r. wydał pracę „Źródła mineralne Galicji", a w latach 1893–1894 dwutomowe dzieło „Płody kopalne Galicji". W związku z podjęciem tej tematyki odbył szereg podróży badawczych do Azji Środkowej, Austrii, Norwegii i Szwecji.

Po pierwszej wojnie światowej w Stanach Zjednoczonych, gdzie rozpoczęto wydobycie ropy naftowej na szeroką skalę, rozwinęła się nowa dziedzina badań geologicznych – mikropaleontologia, która okazała się niezwykle pomocna do określenia stratygrafii warstw roponośnych. W Polsce pionierem takich badań był **Józef Grzybowski (1869–1922)**, profesor UJ w Krakowie. W latach 1895–1921 opublikował 30 rozpraw naukowych, z których większość dotyczyła Karpat i poszukiwań złóż ropy naftowej, m.in.: „Mikrofauna karpackiego piaskowca spod Dukli" (1895), „Otwornice pokładów naftowych okolic Krosna" (1901) i „Przegląd obszarów naftonośnych Karpat polskich z mapą w skali 1:200 000" (1919). W związku z nasileniem się prac wydobywczych w rejonie borysławsko-drohobyckim, Józef Grzybowski podjął starania o utworzenie w Borysławiu placówki geologicznej, która miałaby na celu zachowanie i uporządkowanie różnorodnych materiałów uzyskiwanych w wyniku działalności górniczej. W 1909 r. zaproponował założenie przy stowarzyszeniu Związku Techników Wiertniczych archiwum, które gromadziłoby materiały i notatki z licznych robót górniczych prowadzonych w zagłębiu Borysławskim. Profesor Grzybowski podjął więc starania o pozyskanie dla realizacji swojego pomysłu większych firm górniczych, działających na terenie Borysławia i bezpośrednio zainteresowanych dokładniejszym rozpoznaniem budowy geologicznej tych terenów. Urzeczywistnieniem projektu zajęła się ostatecznie Izba pracodawców w przemyśle naftowym, podejmując 1 czerwca 1912 r. decyzję o powołaniu Stacji geologicznej w Borysławiu.

Problematyka związana z poszukiwaniami ropy naftowej i gazu ziemnego na Podkarpaciu ponownie stała się aktualna w odrodzonej Rzeczypospolitej. Informuje o tym dyrektor Państwowego Instytutu Geologicznego Józef Morozewicz w sprawozdaniu za rok 1919: […] grupa geologów naftowych, a więc **dr Jan Nowak (1880–1940)**, **dr Konstanty Tołwiński (1876–1961)** i **dr Bohdan Świderski (1892–1943)**, „brała udział w pracach organizacyjnych przemysłu i górnictwa naftowego. Brali oni udział w Komisji Sejmowej i opracowali odpowiedni memoriał w tej sprawie. (1920)". W Państwowym Instytucie Geologicznym ukształtowało się wówczas zagadnienie wykorzystania licznych już wtedy wierceń, wykonywanych z funduszów państwowych, oraz naukowego nadzoru nad nimi. Sprawy te powierzono Konstantemu Tołwińskiemu, co w efekcie doprowadziło do reaktywowania działalności Stacji Geologicznej w Borysławiu w ramach PIG. Stacja w Borysławiu była w znacznej mierze finansowana

przez przemysł naftowy i przez niego przejęta formalnie w 1921 r. Praktyczne zadania Stacji nie mogłyby być jednak realizowane bez szerokiego ujęcia problematyki budowy geologicznej Karpat, dlatego też pracownicy stacji brali czynny udział w pracach terenowych Wydziału Naftowo-Solnego Instytutu.

W 1939 r. tak zwany „Wielki Borysław" był pod względem obszaru trzecim co do wielkości miastem w Polsce, po Warszawie i Łodzi. Na przestrzeni około 15 kilometrów kwadratowych znajdowało się 1300 odwiertów. Stąd też pochodziło 70% ropy naftowej wydobywanej na obszarze II Rzeczypospolitej. W nowej rzeczywistości geopolitycznej, po 1 września 1939 r., niemieccy okupanci przejęli wszystkie kopalnie, rafinerie, gazoliniarnie i inne przedsiębiorstwa związane z naftą i gazem działające na terenie Generalnego Gubernatorstwa (razem 66 przedsiębiorstw). Na dawnych polskich terenach naftowych utworzyli koncern *Beskiden Erdöl Gewinnungs-Gesellschaft m.b.h. Jasło.* W zakładach nadal pracowali Polacy, choć już nie obejmowali stanowisk kierowniczych. Borysław trafił następnie do sowieckiej strefy okupacyjnej. Następuje definitywny koniec „kresowego trójmiasta", ale to już zupełnie inna historia.

Wielcy geolodzy na fryzie sali muzeum geologicznego PIG-PIB imienia Edmunda Strzeleckiego

Włodzimierz Mizerski, Halina Urban, Marek Graniczny

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

wlodzimierz.mizerski@pgi.gov.pl

Ozdobny fryz, który znajduje się w sali im. E. Strzeleckiego Muzeum Geologicznego, został wykonany i oddany wraz z zakończeniem budowy głównego gmachu Instytut w 1936 r., według założeń projektowych Mariana Lalewicza. Fachowy opis fryzu można odnaleźć w artykule architekt A. Wagner (2010): „Jako barwny akcent, ożywiający dobrze oświetlone wnętrze ekspozycyjne wprowadzono szeroki pas fryzu odpowiadający trzeciej kondygnacji krużganków. Ten niski trakt komunikacyjny został oświetlony przez okrągłe otwory będące nawiązaniem do wawelskich dekoracji, gdzie w polichromii fryzu znajdują się tonda z popiersiami rzymskich cesarzy. Ikonografia na fryzie Muzeum PIG ogranicza się do dekoracyjnych malarskich *panneau* wypełnionych nazwiskami zasłużonych geologów".

Celem referatu jest przedstawienie krótkich biogramów zasłużonych geologów, polskich i zagranicznych, których nazwiska znajdują się na fryzie sali w gmachu Muzeum PIG-PIB. Znalazły się tam 32 nazwiska, w tym wybitnych polskich geologów związanych z działalnością Państwowego Instytutu Geologicznego. Część geologów uświetnionych na fryzie to osoby uznane, są jednak i takie, których życiorysy nie są znane nawet pracownikom Instytutu. Sylwetki wszystkich uczonych warte są upowszechnienia wśród osób odwiedzających Państwowy Instytut Geologiczny, w tym zwiedzających Muzeum Geologiczne. Są to:

Karol Bohdanowicz	1865–1947
Stanisław Staszic	1755–1826
Georg Gottlieb Pusch (Jerzy Bogumił Koreński)	1791–1846
Józef Morozewicz	1869–1941
Ignacy Domeyko	1801–1889
Alojzy Alth	1819–1886
Jan Czerski	1845–1892
Jan Wyżykowski	1917–1974
Aleksander Michalski	1854–1904
Mari Pierre Termier	1859–1930
Feodosij Czernyszew	1856–1914
Archibald Geikie	1835–1924
Edward Rühle	1905–1988
Gabriel Auguste Daubree	1814–1896
Leonce Eliet de Beaumont	1798–1874
Leopold von Buch	1774–1852

Jan Czarnocki	1889–1951
Abraham Gottlob Werner	1749–1817
Georges Cuvier	1769–1832
Jan Samsonowicz	1888–1959
Adolphe The'odore Brongniart	1770–1847
Sir Charles Lyell	1797–1875
Alcide d' Orbigny	1802–1857
Marian Książkiewicz	1906–1981
Eduard Suess	1831–1914
Marcel Bertrand	1847–1907
Victor Uhlig	1857–1911
Maurycy Pius Rudzki	1862–1916
Stanisław Pawłowski	1910–1992
Stanisław Zaręczny	1846–1909
Aleksander Piotr Czekanowski	1830–1896
Ludwik Zejszner	1807–1871

Analiza wczesnośredniowiecznych denarów krzyżowych – pochodzenie i chronologia

Ewa Pańczyk[1], Lech Waliś [1], Joachim Kierzek[1], Jakub Dudek[1], Maciej Widawski[2], Władysława Weker[2], Magdalena Pańczyk[3]

[1] Instytut Chemii i Techniki Jądrowej
ul. Dorodna 16, 03-195 Warszawa

[2] Państwowe Muzeum Archeologiczne w Warszawie
ul. Długa 52, 00-041 Warszawa

[3] Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

e.panczyk@ichtj.waw.pl

Celem przeprowadzonych badań było ustalenie informacji nt. źródeł pochodzenia surowców oraz stosowanych w przeszłości technologii wytwarzania średniowiecznego pieniądza w Europie Środkowej. Badaniami objęto tzw. denary krzyżowe – wczesnośredniowieczne monety srebrne bite od 2. połowy X w. do końca XI w., stanowiące ważną część kulturowej spuścizny z początków naszej państwowości oraz czasów wielonarodowej Rzeczypospolitej.

Przebadano monety z 19 stanowisk, głównie z Mazowsza i Wielkopolski, w tym z 16 skarbów z następujących miejscowości: Grójec, Zbiersk, Wodzierady, Górki, Dzierzążnia, Wodzin Prywatny, Brzozowo Nowe, Naruszewo, Zalesie, Obra Nowa, Zakrzew, Dobrzec, Jastrzębniki, Słuszków, Łosień. Zbadano również zabytki z kilku znalezisk luźnych ze stanowisk Kalisz-Stare Miasto, Cieszyków, Szadek.

Badaniami objęto reprezentatywne próbki monet różnych typów, ze szczególnym uwzględnieniem typu VI, w którego obrębie stwierdzano emisje polskie.

Jako materiał porównawczy przebadano srebro niemonetarne w postaci tzw. placków, kilka dirhemów arabskich, popularne monety saskie – tzw. denary Ottona i Adelajdy, denar węgierski, dwie monety czeskie oraz monety polskie Sieciecha i Bolesława Śmiałego bite w Polsce jednocześnie z najmłodszymi typami krzyżówek. W sumie przebadano 232 obiekty.

W celu ustalenia źródeł kruszców badaniami objęto rudy pochodzące ze złóż cynku i ołowiu z obszaru śląsko-krakowskiego, z rejonu Gór Świętokrzyskich, Gór Harzu (Rammelsberg), Wschodnich Rudaw (Freiberg, Halsbrücke), z Czech (Kutna Hora), Słowacji (Koszyce, Bańska Szczawnica) oraz Serbii, Kosowa i Bułgarii.

Skład pierwiastkowy monet oznaczono, stosując następujące nieinwazyjne metody analityczne: XRF (rentgenowska analiza fluorescencyjna), PGAA (analiza aktywacyjna z natychmiastową emisją kwantu gamma) i PIXE (spektralna analiza rentgenowska ze wzbudzeniem cząstkami naładowanymi), natomiast w przypadku rud zastosowano INAA (instrumentalna neutronowa analiza aktywacyjna). Wykonano również szereg badań metalograficznych metodą SEM-EDS. Stosunki izotopowe ołowiu dla monet i rud oznaczano metodą LA-ICP-MS.

Dla określenia stopnia podobieństwa badanych obiektów wykonano wieloparametrową analizę skupień i analizę składników głównych, stosując program STATISTICA firmy StatSoft.

Proweniencja zapraw stosowanych w malarstwie ikon z XV i XVI wieku z regionu karpackiego

Magdalena Pańczyk[1], Ewa Pańczyk[2], Elżbieta Gaździcka[1], Jarosław Giemza[3], Leszek Giro[1]

[1] Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

[2] Instytut Chemii i Techniki Jądrowej
ul. Dorodna 16, 03-195 Warszawa

[3] Muzeum Zamek w Łańcucie
ul. Zamkowa 1, 37-100 Łańcut

magdalena.panczyk@pgi.gov.pl

Głównym celem przeprowadzonych badań było opracowanie modelowej metody ustalenia proweniencji zapraw pochodzenia mineralnego, które stosowano w malarstwie ikonowym w regionie karpackim (na terenie dawnej Eparchii Przemyskiej). Interdyscyplinarne badania porównawcze malarstwa cerkiewnego z dawnej Rzeczpospolitej stanowią niezwykle cenne źródło informacji dla historyków sztuki i konserwatorów malarstwa ikonowego. W ramach badań, prowadzonych od wielu lat przez PIG-PIB i ICHTiJ we współpracy z Muzeum – Zamek w Łańcucie, po raz pierwszy wykonano wnikliwą analizę zapraw malarskich, która miała na celu ustalenie składu i pochodzenia materiałów używanych w Średniowieczu. Do szczegółowych badań, obejmujących zaawansowane metody chemiczne (INAA), petrograficzno-mineralogiczną (mikroskopia optyczna, SEM-EDX) i paleontologiczno-biostratygraficzną zapraw (mikroskopia optyczna, SEM-EDX), wytypowano 39 ikon pochodzących ze zbiorów Muzeum – Zamek w Łańcucie (dział Sztuki Cerkiewnej), a także osiem ikon ze zbiorów ukraińskich (Muzeum Narodowe i Studion we Lwowie). Kompleksowe badania umożliwiły jakościową i ilościową charakterystykę fazową występujących w ikonach materiałów oraz oznaczenie pierwiastków śladowych, a także szczegółową identyfikację nanoplanktonu, w tym mikroskamieniałości przewodnich. Równolegle były prowadzone prace terenowe (obszar Karpat i przedgórza karpackiego, rejon Chełma i Mielnika, Zachodnia Ukraina), podczas których pobrano próbki potencjalnych materiałów malarskich (zapraw): kreda pisząca, margle, wapienie margliste. Pobrane próbki terenowe podzielono na trzy części: do badań SEM odłupków, do sporządzenia koncentratów nanoplanktonu i do badań składu chemicznego całej, homogenicznej skały (INAA). Do opracowania otrzymanych danych zastosowano przede wszystkim statystyczne metody analizy wielowymiarowej, jak analizę skupień i analizę głównych składników.

Określenie bardzo dokładnego wieku geologicznego zapraw pozwala wskazać potencjalne warstwy, z których może pochodzić materiał wyjściowy. Otrzymane wyniki jednoznacznie wskazują na kredę borealną z obszaru platformy różnego wieku (od santonu do mastrychtu, różne zony kokkolitowe), ale dla pewnej populacji ikon z kolekcji Muzeum – Zamek w Łańcucie jednoznacznie wskazują na kredę występującą w rejonie Chełma (mastrycht, zona CC 26).

Zjawiska i struktury geologiczne w architekturze – krótki przewodnik geoturystyczny po Wrocławiu

Katarzyna D. Zagożdżon, Paweł P. Zagożdżon

Politechnika Wrocławska
Wyb. Stanisława Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

katarzyna.zagozdzon@pwr.edu.pl

Duże aglomeracje są miejscami wyjątkowymi ze względu na występującą w nich koncentrację różnych materiałów kamiennych, od stuleci wykorzystywanych w postaci kamienia budowlanego, dekoracyjnych elementów architektonicznych, rzeźb czy bruku. Koncentracja ta decyduje o wysokiej atrakcyjności turystycznej i architektonicznej miast, ale stanowi też wyjątkowe zaplecze edukacyjne i popularyzatorskie w zakresie nauk o Ziemi oraz niektórych dziedzin przemysłu. Niejednokrotnie na bardzo ograniczonej powierzchni (dzielnica, zespół ulic, niekiedy pojedyncza, reprezentacyjna budowla) są dostępne do obserwacji dziesiątki różnorodnych typów skał z bogactwem ich odmian kolorystycznych, struktur, skupień mineralnych, skamieniałości, ale też coraz bardziej niezwykłych form wytwarzanych wyrobów oraz metod obróbki kamienia.

Odpowiedni (przystępny) opis, przy mniej tradycyjnym spojrzeniu na zabytki, rzeźby, ale też fasady różnorodnych budynków i nawierzchnie pozwala na wykorzystanie tych obiektów w ramach coraz silniej rozwijanej geoturystyki miejskiej (por. m.in. Labus, 2005; Pivko, 2005, Zagożdżon, Zagożdżon, 2015c; omówienie literatury – w opracowaniach Zagożdżona, Zagożdżon, 2015a, b). Elementy architektury Wrocławia są systematycznie przedstawiane jako obiekty interesujące z geoturystycznego punktu widzenia zarówno w opracowaniach naukowych (Zagożdżon, Śpiewak, 2011; Zagożdżon, Zagożdżon, 2015a, b), jak i popularnych.

Poster ukazuje doskonale widoczne w różnorodnych elementach kamiennych z terenu centrum Wrocławia wybrane zagadnienia i zjawiska geologiczne, takie jak:
– formy wykształcenia i skupień minerałów (skalenie w różnych odmianach granitów, minerały pegmatytów, skupienia dendrytyczne itd.);
– petrograficzne zróżnicowanie skał (kamień rodzimy – z terenu Dolnego Śląska i Polski oraz importowany), rzadkie odmiany kamienia, zmienność strukturalna i teksturalna;
– zjawiska dokumentujące ewolucję masywów magmowych (enklawy, szliry biotytowe, zróżnicowanie facjalne odmian granitu, generacje żył aplitowych i lamprofirowych);
– etapy deformacji żył pegmatytowych w marmurze sławniowickim;
– struktury skał biogenicznych, skamieniałości głowonogów, a nawet sfosylizowane kości grube kręgowców.

Ukazane przykłady ilustrują drobną część zagadnień geologicznych możliwych do ukazania na terenie Wrocławia. Wykorzystanie takich „miejskich zasobów geologicznych" stwarza perspektywy intensywnego rozwoju geoturystyki miejskiej oraz promocji wielkich miast, a także szerokiej i różnorodnej popularyzacji wiedzy geologicznej. W przypadku dużych lub mniej-

szych ale ciekawych ośrodków miejskich (por. Zagożdżon, Zagożdżon, 2015c) możliwe jest tworzenie sieci tras geoturystycznych o rozmaitym profilu (piesze i rowerowe, geologiczne i interdyscyplinarne, ogólne i specjalistyczne – dotyczące np. ewolucji magm, struktur tektonicznych, metod obróbki kamienia itd.).

Literatura

LABUS M., 2005 — Geoturystyka miejska na przykładzie Gliwic. *Zesz. Nauk. PŚl. Górnictwo*, **269**: 221–230.

PIVKO D., 2005 — Urban geology and historical sites in Bratislava. *Geoturystyka*, **2**, 2: 39–46.

ZAGOŻDŻON P.P., ŚPIEWAK A., 2011 — Kamień w architekturze a geoturystyka miejska – przykłady z terenu Wrocławia. Górn. i Geol. XVI. *Pr. Nauk. Inst. Górn. PWr. Studia I Materiały*, **133**, 40: 123–143.

ZAGOŻDŻON P.P., ZAGOŻDŻON K.D., 2015a — Kamienne elementy architektury miejskiej jako geologiczne zaplecze edukacyjne – przykłady wrocławskie. *Prz. Geol.*, **63**, 3: 150–154.

ZAGOŻDŻON P.P., ZAGOŻDŻON K.D., 2015b — Możliwości edukacji geologii na podstawie wrocławskiego kamienia architektonicznego. *Prz. Geol.*, **63** [w druku].

ZAGOŻDŻON P.P., ZAGOŻDŻON K.D., 2015c — Sieć miejskich tras geoturystycznych w Kłodzku jako nowe narzędzie w zakresie edukacji i popularyzacji geologii. *W*: IV Ogólnopolska Konf. Nauk. Złoża Kopalin – aktualne problemy prac poszukiwawczych, badawczych i dokumentacyjnych. Abstrakty. Warszawa, 15–17.04.2015 r.: 130–131. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

Sieć miejskich tras geoturystycznych w Kłodzku jako nowe narzędzie w zakresie edukacji i popularyzacji geologii

Paweł P. Zagożdżon, Katarzyna D. Zagożdżon

Politechnika Wrocławska
Wyb. Stanisława Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

pawel.zagozdzon@pwr.edu.pl

W grudniu 2014 r. zakończono realizację projektu „Utworzenie miejskiego szlaku geoturystycznego na obszarze miasta Kłodzka", którego wykonawcą była „Akademia Przygody – stowarzyszenie z siedzibą w Twierdzy Kłodzkiej", przy finansowym wsparciu Urzędu Marszałkowskiego Województwa Dolnośląskiego. Kłodzko stało się w ten sposób pierwszym miastem w Polsce posiadającym sieć szczegółowo opracowanych tras geoturystycznych, które w przystępny sposób ukazują zagadnienia przyrodnicze z zakresu nauk o Ziemi, górnictwa, wykorzystania surowców mineralnych itd. W ramach projektu, na podstawie źródeł literaturowych (m.in. Cwojdziński, Kozdrój, 2007; Stachowiak i in., 2013) i kartograficznych (Emerle-Tubielewicz, 1979, 1981) oraz wyników szczegółowych prac terenowych, opisano ponad 40 geoturystycznych stanowisk obserwacyjnych różnej wielkości i rangi, ukazujących: kamień w historycznych i współczesnych realizacjach architektonicznych, naturalne stanowiska geologiczne i geomorfologiczne, sztuczne odsłonięcia skalne oraz szereg odkrywkowych wyrobisk górniczych (w tym dwa czynne). Wykorzystano przy tym dodatkowe atuty miasta Kłodzka – m.in. urozmaiconą rzeźbę terenu, doskonałą dostępność podłoża skalnego, czy elementy monumentalnych budowli obronnych Twierdzy Kłodzko.

W wyniku realizacji projektu powstał portal internetowy (http://geo-turystyka.pl/) umożliwiający łatwe korzystanie z przygotowanych materiałów. Zawiera on m.in. opisy tras i poszczególnych stanowisk obserwacyjnych oraz mapy, słownik czy poradnik geoturysty. Dla każdego stanowiska obserwacyjnego stworzono opis uproszczony i szczegółowy, co pozwala na poznawanie widocznych zagadnień zarówno przez początkujących, jak i zaawansowanych miłośników geologii. Zapoznawanie się z wieloma stanowiskami ma charakter interaktywny, z możliwością wykonania różnorodnych zadań praktycznych (np. opis skał, pobranie próbek, pomiary kompasem, płukanie osadu rzecznego, wykonanie szkicu terenowego albo zdjęć dokumentacyjnych).

Zróżnicowanie geologii podłoża miasta Kłodzka oraz mnogość odmian kamienia stosowanego w budownictwie pozwoliły na ukazanie bogatego wachlarza zagadnień geoturystycznych, o różnym poziomie szczegółowości, dotyczących:
- zróżnicowania skał użytkowych występujących na ziemi kłodzkiej, ze szczególnym uwzględnieniem kamienia architektonicznego (piaskowce, marmury itd.);
- sposobów wykorzystania kamienia w budownictwie;
- wybranych zagadnień z zakresu geomorfologii;
- licznych zagadnień geologicznych, dotyczących petrografii i petrologii, mineralogii, tektoniki, paleontologii, sedymentologii, geologii historycznej i złożowej.

Wytypowane geostanowiska połączono w sześć różnorodnych tras geoturystycznych przeznaczonych odpowiednio dla: młodzieży szkolnej i osób zaczynających przygodę z geoturystyką, rodzin z dziećmi, geoturystów mających co najmniej podstawy wiedzy z zakresu nauk o Ziemi, rowerzystów, osób z problemami z poruszaniem się. Zaproponowano także trasę „ekstremalną" z możliwością poznawania wybranych zagadnień geologicznych podczas „wypraw badawczych z fabułą". Opracowano też przykładowe scenariusze lekcji terenowych skierowanych do uczniów szkół podstawowych i ponadpodstawowych.

W zamyśle realizatorów projektu portal geo-turystyka.pl powinien się stać użytecznym narzędziem edukacji i popularyzacji geologii, a jednocześnie wyjątkowym sposobem promocji miasta.

Literatura

CWOJDZIŃSKI S., KOZDRÓJ W., 2007 — Sudety – przewodnik geoturystyczny wzdłuż trasy drogowej Nysa–Złoty Stok–Kłodzko–Wałbrzych. Państw. Inst. Geol. Warszawa.

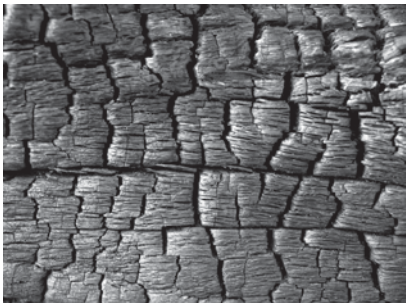
EMERLE-TUBIELEWICZ H., 1979 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów, ark. Kłodzko 1:25 000. Wyd. Geol., Warszawa.

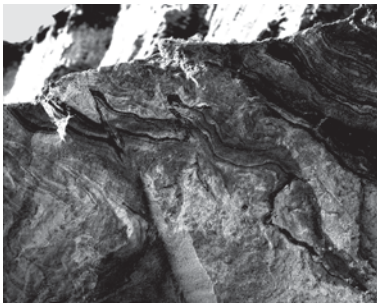
EMERLE-TUBIELEWICZ H., 1981 — Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Sudetów, ark. Kłodzko 1:25 000. Wyd. Geol., Warszawa.

STACHOWIAK A., CWOJDZIŃSKI S., IHNATOWICZ A., PACUŁA J., MRÁZOVÁ Š., SKÁCELOVÁ D., OTAVA J., PECINA V., REJCHRT M., SKÁCELOVÁ Z., VEČEŘA J., 2013 — Geostrada sudecka – przewodnik geologiczno-turystyczny. PIG–PIB, ČGS, Warszawa – Praga.

SESJA 8

WODY JAKO KOPALINY





Wody lecznicze doliny popradu – rejon milika i andrzejówki

Józef Chowaniec, Tomasz Gągulski, Grażyna Gorczyca, Piotr Freiwald, Tomasz Operacz

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Karpacki
ul. Skrzatów 1, 31-560 Kraków

jozef.chowaniec@pgi.gov.pl, tomasz.gagulski@pgi.gov.pl, grazyna.gorczyca@pgi.gov.pl,
piotr.freiwald@pgi.gov.pl, tomasz.operacz@pgi.gov.pl

Obszar badań o łącznej powierzchni 19,69 km^2 prawie w całości znajduje się w granicach GZWP nr 438 warstw Magura (Nowy Sącz), w obrębie Popradzkiego Parku Krajobrazowego, a także na obszarze Natura 2000 – Ostoja Popradzka (PLH 120019). Występują tu dwa złoża wód leczniczych – Milik i Andrzejówka, stanowiące jeden system wodonośny, w którym współwystępują wody zwykłe i lecznicze, związane głównie z piaskowcami z Piwnicznej. Zarówno wody lecznicze, jak i zwykłe są eksploatowane głównie przez Spółdzielnię Pracy „Muszynianka".

Na badanym obszarze wyróżnia się wody lecznicze kwasowęglowe typu HCO_3–Mg–Na–Ca; HCO_3–Ca, Fe i szczawy typu HCO_3–Na–Mg–Ca; HCO_3–Na–Mg; HCO_3–Mg–Ca; HCO_3–Mg–Ca, Fe; HCO_3–Ca–Mg, Fe; HCO_3–Ca–Mg i HCO_3–Ca, Fe. Obserwuje się tutaj pionową strefowość hydrochemiczną wyrażoną wzrostem stopnia mineralizacji wód wraz z głębokością. Mineralizacja ogólna, wyrażona sumą składników stałych, wynosi od 1327,0 do 5529,0 mg/dm^3.

Na podstawie rezultatów dotychczasowych badań izotopowych wód podziemnych Andrzejówki i Milika wstępnie podzielono je na trzy grupy. Do grupy pierwszej zaliczono wody z dominującym udziałem zasilania w okresie klimatu wyraźnie zimniejszego niż klimat współczesny (ujęcia: M-2, M-3, M-4, M-6, M-9 i A-5). W drugiej grupie przeważa udział wód zasilanych w okresach holocenu o klimacie takim jak współczesny (ujęcia: M-8, K-1, A-1, A-2, A-3, A-4 oraz źródło „Na Głębokiem"). W trzeciej grupie dominuje udział wody holoceńskiej zasilanej w okresie nieco cieplejszego klimatu niż klimat współczesny (są to wody z ujęć M-5 i M-7). Mierzalne zawartości trytu w większości ujęć, z wyjątkiem ujęć M-3, M-5, M-6, M-7, M-9 i A-5, oznaczają domieszkę wód współczesnych, tzn. zasilanych po 1952 r., czyli po rozpoczęciu atmosferycznych prób z bronią termojądrową. Wyniki badań izotopowych wykazują, że szczawy polskich Karpat, w tym Andrzejówki i Milika, formowane są na obszarach metamorfizmu skał węglanowych, zachodzącego w głębokim podłożu fliszu, a powstający CO_2 wędruje do powierzchni dzięki strefom uskokowym. Wyniki pomiarów zawartości CO_2 w powietrzu podglebowym na badanym obszarze można powiązać z przebiegiem stref uskokowych. Stężenie CO_2 może być jednak zmienne zarówno w czasie, jak i przestrzeni. Wpływ na to ma między innymi budowa geologiczna, ukształtowanie terenu, opady atmosferyczne, położenie zwierciadła wody czy prędkość przepływu wód podziemnych.

Dokumentowany obszar bilansowy podzielono na jednostki bilansowe A i B, w których wydzielono podobszary zasobowe wód leczniczych A_1 i B_1 oraz podobszary zasobowe wód zwykłych A_2 i B_2. Jednostka bilansowa A obejmuje obszar górniczy „Muszynianka", dolną i środkową zlewnię potoku Milik, zlewnię Andrzejówki, prawostronną zlewnię Mileckiego Potoku oraz Popradu, między Mileckim Potokiem a potokiem bez nazwy na zachodzie obszaru. Jednostka bilansowa B obejmuje górną zlewnię potoku Milik.

Dokumentowanie zasobów dyspozycyjnych złóż wód leczniczych na przykładzie Buska-Zdroju–Solca-Zdroju

Józef Chowaniec, Tomasz Gągulski, Grażyna Gorczyca, Tomasz Operacz

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Karpacki
ul. Skrzatów 1, 31-560 Kraków

jozef.chowaniec@pgi.gov.pl, tomasz.gagulski@pgi.gov.pl, grazyna.gorczyca@pgi.gov.pl, tomasz.operacz@pgi.gov.pl

Badany obszar pod względem fizyczno-geograficznym znajduje się na pograniczu Niecki Soleckiej i Garbu Pińczowskiego, należących do Niecki Nidziańskiej w dorzeczu rzeki Nidy. Cały ten obszar charakteryzuje się strukturami blokowo-fałdowymi o kierunku NW–SE, poprzecinanymi poprzecznymi uskokami tworzącymi główne bloki. W obrębie tych struktur istnieją mniejsze bloki, które zostały rozpoznane w profilach blisko siebie usytuowanych otworów (na obszarze uzdrowisk Buska-Zdroju i Solca-Zdroju).

Obszar Buska i Solca znajduje się na północnym stoku synkliny o osi NW–SE, podzielonej na kilka dużych bloków tektonicznych utworzonych w czasie kolejnych zjawisk orogenicznych. Najstarszymi utworami, stwierdzonymi w otworach wiertniczych, są zmetamorfizowane łupki prekambru, na których leżą utwory ordowiku, syluru, dewonu i karbonu oraz triasu i jury. Na zerodowanej powierzchni utworów jurajskich zostały osadzone piaski cenomanu, margliste wapienie turonu i margle senonu. Utwory neogenu są reprezentowane przez osady miocenu i leżą na różnych ogniwach skał jurajskich. Osady czwartorzędowe występują jedynie lokalnie w dolinach rzecznych, w postaci piasków i żwirów, oraz jako pokrywy lessowe na niektórych wyniesieniach.

Odkrycie słonych wód siarczanowo-siarczkowych w Busku i Solcu jest związane z drążeniem szybów, w których poszukiwano soli w XVIII i XIX wieku. Wykonane otwory w XX i na początku XXI wieku potwierdziły występowanie tych wód na badanym obszarze. W poszczególnych otworach określono zasoby eksploatacyjne poszczególnych typów wód, a także ich genezę. Obecnie Oddział Karpacki PIG-PIB, na podstawie projektu robót geologicznych zatwierdzonego przez Ministerstwo Środowiska, dokumentuje ich zasoby dyspozycyjne wykorzystując, poza standartowymi, metody dotychczas niestosowane w tego typu opracowaniach.

W celu rozpoznania stopnia zaangażowania tektonicznego obszaru bilansowego oraz rozpoznania przestrzennego rozkładu struktur nieciągłych wykonano interpretację zdjęć satelitarnych (wyznaczenie fotolineamentów) oraz lotniczych zdjęć radarowych. Na badanym obszarze wyznaczono systemy lineamentów o dominujących kierunkach WNW–ESE (120–140°), NNE–SSW (20°), ENE–WSW (75°), NW–SE (145–155°) oraz zbliżony do południkowego (0°). Lineamenty o dwóch pierwszych kierunkach jednak zdecydowanie przeważają. Miejsca największej gęstości występowania i krzyżowania się lineamentów regionalnych WNW–ESE, NW–SE i NNE–SSW oraz lineamentów o kierunkach zbliżonych do południkowych wyznaczają obszary perspektywiczne dla lokalizacji ujęć wód podziemnych. Cztery takie miejsca wyznaczono wzdłuż strefy Garbu Pińczowskiego w rejonie Buska-Zdroju (największa strefa), Wolnicy, Strzałkowa oraz miejscowości Konary. Druga co wielkości strefa znajduje się

w rejonie Solec-Zdrój – Wełnin. Na zachód od tego obszaru znajduje się strefa Piasek Wielki – Zagajów. Pozostałe strefy występują na wschód od Buska-Zdroju w rejonie Słabkowic oraz w pobliżu miejscowości Bosowice i Kargów. Trzecia co do wielkości strefa występuje na zachód od Nidy w okolicy miejscowości Złota.

Badania grawimetryczne na analizowanym terenie zostały wykorzystane do sporządzenia „Aneksu do projektu prac geologicznych". Posłużyły one do wyznaczenia szczegółowej lokalizacji otworów rozpoznawczych, ich liczby wraz z zakresem badań. Zaprojektowano sześć otworów o głębokości od 330 do 650 m. Badania grawimetryczne należy uznać za bardzo przydatne do śledzenia tektoniki nieciągłej, która ma zasadnicze znaczenie w kształtowaniu warunków hydrogeologicznych rejonu Busko-Zdrój – Solec-Zdrój. Pozwalają one na śledzenie badanej struktury w odróżnieniu od wyników prac wiertniczych, na podstawie których istnieje konieczność przeprowadzenia interpretacji budowy geologicznej pomiędzy otworami. Wyniki wymienionych prac oraz wyniki kartowania hydrogeologicznego i sozologicznego, a także wyniki badań fizyczno-chemicznych i izotopowych próbek wody jak również opracowanie modelu numerycznego posłużą do kompleksowego udokumentowania zasobów dyspozycyjnych złóż wód leczniczych Buska-Zdroju i Solca-Zdroju.

Historia wykorzystania wód leczniczych występujących w rejonie Krosna i nowe perspektywy ich eksploatacji

Piotr Freiwald, Tomasz Gągulski

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Karpacki
ul. Skrzatów 1, 31-560 Kraków

piotr.freiwald@pgi.gov.pl, tomasz.gagulski@pgi.gov.pl

Okolice Krosna już pod koniec XIX w. były przedmiotem szczegółowych badań geologicznych związanych z poszukiwaniami złóż ropy naftowej i gazu ziemnego. Od tego czasu wykonano wiele odwiertów, w których oprócz węglowodorów stwierdzono obecność wód mineralnych charakterystycznych pod względem chemicznym dla sąsiedztwa złóż ropy naftowej i gazu ziemnego. Nasilenie prac poszukiwawczo-wiertniczych przypadło na okres tuż po II wojnie światowej. Powstała wówczas idea wykorzystania tych wód w celach balneologicznych i przemysłowych. Prekursorem tych przedsięwzięć był Władysław Chajec, który zebrał bardzo obszerny materiał dokumentacyjny dotyczący przede wszystkim chemizmu wód rejonu antykliny Potoka. Zajmował się on również przemysłowym wykorzystaniem wód podziemnych do produkcji jodu i bromu.

Najbardziej zaawansowane badania wód mineralnych były prowadzone w obrębie antykliny Potoka, w północnej części Krosna. Wody mineralne, towarzyszące złożom ropy naftowej i gazu ziemnego, występują najczęściej w obrębie I i II piaskowca ciężkowickiego, sporadycznie w łupkach pstrych i warstwach istebniańskich. Ich mineralizacja jest zróżnicowana i waha się w granicach od kilkuset mg/dm^3 do ponad 40 g/dm^3. Przedmiotem eksploatacji były wody podziemne nawiercone w otworach Mac Allan 11 i Mac Allan 4. Woda z otworu Mac Allan 11 typu Cl–Na jodkowa, bromkowa była wykorzystywana na początku lat 60. XX wieku do produkcji soli jodkowo-bromkowej, którą po krótkim okresie przerwano. W latach 1960–1962 okresowo produkowano i rozprowadzano wodę mineralną „Makalanka" eksploatowaną z otworu Mac Allan 4, wcześniej funkcjonującą pod nazwą „Krośnianka 4".

Obszarami perspektywicznymi do uzyskania wód leczniczych w rejonie Krosna są obszary zlokalizowane w jego północnej części, na terenach dawnych kopalń bituminów „Turaszówka" i „Krościenko". Na obszarze Kopalni Turaszówka wody podziemne stwierdzono praktycznie we wszystkich wydzieleniach litostratygraficznych, jednak najbardziej rozpowszechnione są w obrębie I i II piaskowca ciężkowickiego. Strop tych piaskowców zalega stosunkowo płytko pod powierzchnią terenu. Oprócz wód wysoko zmineralizowanych, występujących w obrębie II piaskowca ciężkowickiego, możliwe jest również uzyskanie wód o mniejszej mineralizacji przeznaczonych do kuracji pitnej z I piaskowca ciężkowickiego. Najlepiej rozpoznane wody podziemne są na polu „Mac Allan" (Kopalnia Krościenko). Jest to obszar potencjalnie najkorzystniejszy do poszukiwań i eksploatacji wód leczniczych. Na podstawie materiałów archiwalnych można stwierdzić, że w celu uzyskania wód mineralnych na potrzeby kuracji pitnej perspektywiczny jest rejon zlikwidowanego otworu Mac Allan 10, natomiast w rejonie otworu Mac Allan 11 można się spodziewać nawiercenia wód wysoko zmineralizowanych.

Należy nadmienić, że wody mineralne o zbliżonym typie są wykorzystywane w rejonie Rymanowa-Zdroju i Iwonicza-Zdroju, które występują w obrębie podobnej do antykliny Potoka strukturze geologicznej zwanej antykliną Rudawki Rymanowskiej–Iwonicza-Zdroju.

Możliwości zagospodarowania zasobów złóż wód termalnych w świetle geologicznego i gospodarczego ryzyka inwestycyjnego

Lesław Skrzypczyk, Mariusz Socha, Agnieszka Felter, Jakub Sokołowski

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

lesław.skrzypczyk@pgi.gov.pl, mariusz.socha@pgi.gov.pl, agnieszka.felter@pgi.gov.pl, jakub.sokolowski@pgi.gov.pl

W ramach zobowiązań ekologicznych Unia Europejska wyznaczyła na 2020 r. cele ilościowe związane m.in. ze zmniejszeniem emisji gazów cieplarnianych o 20% w stosunku do 1990 r. oraz zwiększeniem udziału odnawialnych źródeł energii do 20% całkowitego zużycia energii w UE. Główne cele polityki energetycznej Polski wpisują się w te zobowiązania i zakładają wzrost udziału odnawialnych źródeł energii w finalnym zużyciu energii, co najmniej do poziomu 15% w 2020 r. Od wielu lat w naszym kraju toczy się dyskusja na temat możliwości zagospodarowania potencjału wód termalnych. W dyskusji tej wyraźnie zarysowują się stanowiska optymistów i realistów. Optymiści twierdzą, że możliwy do zagospodarowania potencjał jest na tyle duży, aby energia geotermalna była jednym z podstawowym elementów bilansu energetycznego Polski. Realiści zaś, że potencjał energetyczny wód termalnych w obecnej sytuacji gospodarczej może być zagospodarowany tylko w niewielkiej części. Praktyka wskazuje, że rację mają realiści. W ciepłownictwie geotermalnym można mówić o stagnacji, ponieważ od lat nie powstała żadna nowa ciepłownia. Inaczej sytuacja wygląda na rynku rekreacyjno-balneoterapeutycznym, wykorzystującym wody termalne – tutaj wyraźnie widać ożywienie i rosnące z roku na rok zainteresowanie inwestorów. Przyczyny tych różnic rozwojowych należy upatrywać w zróżnicowanym poziomie geologicznego ryzyka inwestycyjnego dla poszczególnych sektorów, a także w braku dostatecznego wsparcia finansowego dla ciepłownictwa, zwłaszcza na początkowym etapie inwestycji.

Istnieje zatem pilna potrzeba stworzenia systemowych rozwiązań wpierających inwestycje w energetykę geotermalną. Wydaje się, że jedną z możliwości obniżenia kosztów inwestycji jest wykorzystanie niektórych „starych" otworów poszukiwawczych. Problemem jednak w tym przypadku jest brak wiedzy o stanie technicznym wielu z nich.

Dotychczasowe doświadczenia wskazują, że nie należy przewidywać, aby energia geotermalna stała się istotnym elementem realizacji zobowiązań ekologicznych przyjętych przez nasz kraj na forum unijnym. Należy jednak podejmować działania, aby potencjał wód termalnych w naszym kraju był w pełni i w sposób racjonalny wykorzystywany z pożytkiem dla rozwoju gospodarczego samorządów i regionów.

Warunki występowania wód termalnych niecki łódzkiej

Beata Wiktorowicz

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Świętokrzyski
ul. Zgoda 21, 25-953 Kielce

beata.wiktorowicz@pgi.gov.pl

Wody termalne są szczególnym rodzajem wód podziemnych, stanowiącym jedno z podstawowych odnawialnych źródeł energii. Dzięki specyficznemu składowi chemicznemu i właściwościom fizycznym mają szerokie zastosowanie do celów balneologicznych i rekreacyjnych. Jednym z najbardziej perspektywicznych obszarów występowania wód termalnych w Polsce jest niecka łódzka (Górecki i in., 2006). W regionie funkcjonują dotychczas dwa zakłady geotermalne, w Uniejowie i Poddębicach, ale obecność ciepłych wód zaobserwowano znacznie wcześniej na terenie Ozorkowa i Łodzi (Kolago, 1951, 1965). Ostatnio udokumentowano nowe ujęcie wód termalnych w Kleszczowie (Biernat i in., 2009).

W świetle istniejącego rozpoznania geologicznego można przyjąć, że najważniejszymi kolektorami wód termalnych niecki są utwory kredy dolnej, jury i triasu dolnego.

Wody termalne w utworach kredy dolnej w obrębie niecki łódzkiej ujęto na terenie Ozorkowa i Łodzi oraz uznano za lecznicze w Uniejowie i Poddębicach. Zbiornikiem wód są serie piaskowców przechodzących ku spągowi w drobnoziarniste i bardzo drobnoziarniste. Mineralizacja wód waha się od 0,2 do 109 g/dm^3, a temperatura od 20 do 73°C. Pod względem chemicznym są to wody o bardzo zróżnicowanych typach HCO_3–Ca, HCO_3–Na, Na–Cl i Cl–Na. Cechą charakterystyczną wód termalnych zbiornika kredy dolnej jest występowanie fluoru i bromu.

Następnym wyróżnionym zbiornikiem wód termalnych w niecce łódzkiej jest zbiornik w utworach jury, reprezentowanych przez wapienie i piaskowce. Wody te stwierdzono podczas prac badawczych prowadzonych przy kartowaniu wysadu solnego Rogóźno w rejonie Brachowic i Wypychowa (Werner, Jaworski, 1962) oraz w otworze eksploatacyjnym Kleszczów GT-1 (Biernat i in., 2009). Mineralizacja wód kształtuje się od 0,39 do 157,05 g/dm^3 przy temperaturze od 20 do 98,5°C. Wody termalne w utworach jury charakteryzują się składem chemicznym typu HCO_3–Ca–Na, Na–Cl i Cl–Na. Charakterystyczną cechą analizowanych wód jest obecność jodu i bromu.

Wody termalne w utworach triasu w niecce łódzkiej rozpoznano wyłącznie w otworach badawczych zlokalizowanych w południowej części jednostki. Uzyskane dane pozwalają stwierdzić, że są to wody o temperaturach od 46°C (otwór Gomunice 6) do 120°C (otwór Zakrzyn IG 1). Pod względem hydrochemicznym wody termalne w utworach triasu reprezentują solanki typu Cl–Na o wysokiej mineralizacji dochodzącej nawet do 370 g/dm^3 (otwór Zakrzyn IG 1).

Według Bojarskiego i in. (1976) wody termalne Niżu Polskiego są wodami poligenetycznymi, stanowiącymi mieszaninę słonych wód reliktowych z młodszymi wodami słodkimi. Tezę tę potwierdzają badania składu izotopowego (Zuber, Grabczak, 1985), sugerujące pochodzenie częściowo infiltracyjne i mieszanie się wód opadowych z silnie zasolonymi wodami relikto-

wymi. Wyniki badań izotopowych wód termalnych Uniejowa (Dowgiałło i in., 2007) wskazują natomiast, że jest to skład typowy dla wód współczesnego cyklu hydrologicznego. Rezultaty analizy porównawczej składu chemicznego wód termalnych doprowadziły do wniosku, że zróżnicowanie wartości mineralizacji i typów hydrochemicznych wód termalnych niecki łódzkiej należy wiązać głównie z intensywnością oddziaływania temperatura–woda–skała oraz z czasem trwania tego oddziaływania (Wiktorowicz, 2013, 2014). W przypadku wód termalnych niecki łódzkiej obserwuje się wyraźną strefowość hydrochemiczną, typową dla basenów sedymentacyjnych (Kleczkowski, Ngoc-Ky, 1969; Różkowski, red., 2004). Strefowość charakteryzuje się wzrostem mineralizacji wraz z postępem głębokości i wzrostem temperatury, niezależnie od wieku utworów oraz zmianą składu jonowego wód termalnych, zgodnie z sekwencją: HCO_3–Ca →HCO_3–Na→ Na–Cl→ Cl–Na.

Literatura

BIERNAT H., POSYNIAK A., BENTKOWSKA A., 2009 — Dokumentacja otworowa otworu geotermalnego Kleszczów GT-1. Arch. Narod. Arch. Geol., Warszawa.

BOJARSKI L., PŁOCHNIEWSKI Z., STACHOWIAK J., 1976 — Wody termalne na Niżu Polskim. *Kwart. Geolog.*, **20**, 3: 657–674.

DOWGIAŁŁO J., KACZOR D., POROWSKI A., 2007 — Solanki termalne Niżu Polskiego w świetle nowych badań. *W*: XIII Sympozjum Współczesne problemy hydrogeologii Kraków–Krynica 21–23 czerwca 2007, cz. 2: 53–63. Wyd. Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH, Kraków.

GÓRECKI W. (red.), 2006 — Atlas zasobów geotermalnych formacji mezozoicznej na Niżu Polskim. Wyd. AGH, Kraków.

KLECZKOWSKI A.S., VU NGOC-KY, 1969 — Vertical succession of hydrochemical zones in the Carboniferous and its ovrburden in the ekstern part of Upper Silesia. *Bull. Acad. Pol. Sc. Sér. Sc. Geol. Geogr.*, **17**, 1.

KOLAGO C., 1951 — Ciepłe źródła ozorkowskie. *Biul. Inst. Geol.*, **105**, 1: 187–203.

KOLAGO C., 1965 — Perspektywy balneologiczne Łodzi. *Prz. Geol.*, **8**.

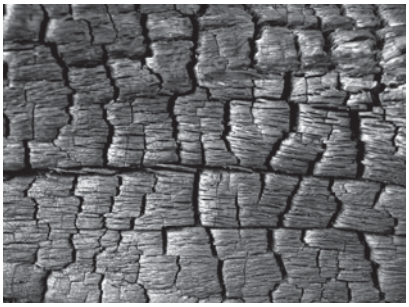
WIKTOROWICZ B., 2013 — Skład chemiczny wód termalnych w utworach dolnokredowych niecki łódzkiej. *W*: Mat. konf. XIV Międzynarodowa Konferencja naukowa „Aktualne problemy hydrogeochemii". Sosnowiec 20.06.–21.06.2013: 55–57.

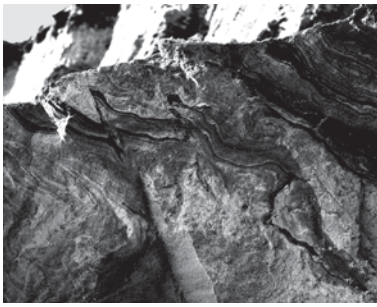
WIKTOROWICZ B., 2014 — Wody termalne niecki łódzkiej – zielona energia z wnętrza Ziemi. Wyd. ALESTUDIO, Kielce.

ZUBER A., GRABCZAK J., 1985 — Pochodzenie wód mineralnych Polski południowej w świetle dotychczasowych badań izotopowych. Mat. III Ogólnopolskiego Sympozjum Kraków–Karniowice: 135–148.

SESJA 9

PIERWOTNE I WTÓRNE ZŁOŻA BURSZTYNU





Powstawanie nagromadzeń bursztynu w formie kopalnych plaż na południowym wybrzeżu Zatoki Gdańskiej w holocenie

Anna Małka, Regina Kramarska, Wojciech Jegliński

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Geologii Morza
ul. Kościerska 5, 80-328 Gdańsk

anna.malka@pgi.gov.pl, regina.kramarska@pgi.gov.pl, wojciech.jeglinski@pgi.gov.pl

Akumulowane w holocenie nagromadzenia bursztynu bałtyckiego (sukcynitu) ze względu na ich dostępność, powszechność występowania oraz wysokie walory kolorystyczne były najwcześniej rozpoznane i pozyskiwane przez człowieka (Kosmowska-Ceranowicz, 2002, 2012). Rozwój wybrzeża Zatoki Gdańskiej i formowanie się złóż bursztynu w holocenie były zdeterminowane kilkukrotnymi transgresjami i regresjami Morza Bałtyckiego i powiązanymi z nimi, trwającymi do dziś, procesami sedymentacji brzegowej. Współcześnie bursztyn występuje w utworach górnego holocenu i jest związany z formowaniem południowego brzegu Bałtyku w czasie transgresji litorynowej (Uścinowicz, Zachowicz, 1992; Kramarska, Zachowicz, 2005; Jurys, Kramarska, 2008; Kramarska, Kasiński, 2008).

Sukcynit, pierwotnie akumulowany w górnym eocenie w osadach deltowych, w holocenie był wymywany z klifów sambijskich (z tzw. niebieskiej ziemi), następnie przenoszony prądami na południowe wybrzeże Zatoki Gdańskiej i osadzany razem z detrytusem na plażach. Akumulacja bursztynu jest związana przede wszystkim z dawnymi strefami przyboju fal sztormowych oraz równinami zalewowymi wielokrotnie zatapianymi podczas wysokich stanów wód. Dodatkowo bursztyn mógł się osadzać w rejonach gwałtownego spadku szybkości przepływu wody w odsypach brzegowych, zakolach meandrowych oraz brzeżnych strefach stożków napływowych (Łazowski, 2004; Kosmowska-Ceranowicz, 2012). Pewien wpływ na powstawanie złóż bursztynu mogły mieć także cofki powodziowe rzek.

Bursztynonośne złoża przybrzeżno-morskie występują na głębokości od kilku do kilkunastu metrów (najczęściej 4–10 m) i tworzą gniazda lub wydłużone soczewy o rozmiarach od kilku do 100–200 m. Są to litoralne, szare piaski drobno- i średnioziarniste, z domieszką mułków i dużych okruchów detrytusu roślinnego, zatrzymujących bursztyn w osadzie. W utworach plaż kopalnych w delcie Wisły strefy bursztynonośne są wydłużone w kierunku równoległym do linii brzegowej, prostopadłe lub skośne do brzegu, wzdłuż kanałów odpływowych wód sztormowych. Najbogatsze udokumentowane holoceńskie złoże bursztynu „Wisłoujście" (zasoby obliczono na 178 ton) jest związane z piaskami drobno- i średnioziarnistymi stożka ujściowego Martwej Wisły. Wiek tych osadów datuje się na środkowy i górny subboreał (3860 ±75, 3555 ±65 i 2380 ±55 lat BP).

W przybrzeżno-morskich, rozsypiskowych nagromadzeniach sukcynitu przeważa niezwietrzały bursztyn przezroczysty, przy czym formy pierwotne są liczniejsze od wtórnych (Tomczak i in., 1989; Mojski, 1995; Jegliński, 2013).

Literatura

JEGLIŃSKI W., 2013 — Rozwój wybrzeża Zatoki Gdańskiej w rejonie ujścia Martwej Wisły. *Prz. Geol.*, **61**, 10: 587–595.

JURYS L., KRAMARSKA R., 2008 — O metodyce dokumentowania i eksploatacji holoceńskich złóż bursztynu w delcie Wisły. *Gór. Odkryw.*, **2/3**: 111–118.

KOSMOWSKA-CERANOWICZ B., 2002 — Znaleziska i dawne kopalnie bursztynu w Polsce. Od Bałtyku przez Kurpie do Karpat. Biblioteka Kurpiowska Stacha Konwy. Muzeum Ziemi PAN, Warszawa.

KOSMOWSKA-CERANOWICZ B., 2012 — Bursztyn w Polsce i na świecie. Amber in Poland and in the World. Wydaw. Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.

KRAMARSKA R., KASIŃSKI J.R. 2008 — Prognozy zasobowe bursztynu w Polsce. Narod. Arch. Geol. PIG--PIB, Warszawa.

KRAMARSKA R., ZACHOWICZ J., 2005 — Holoceńskie zmiany linii brzegowej morza i nagromadzenia bursztynu na obszarze delty Wisły. *W*: Bursztyn – poglądy opinie. Materiały z seminariów Amberif 1994–2004, Gdańsk–Warszawa: 16–20.

ŁAZOWSKI L., 2004 — Stan poszukiwań bursztynu w osadach holoceńskich Pobrzeża Bałtyckiego. *Pr. Muz. Ziemi*, **47**: 43–55.

MOJSKI J.E., 1995 — Geology and evolution of the Vistula Delta and Vistula Bar. *J. Coastal Research*, *Sp. Issue*, **22**: 141–149.

TOMCZAK A., MOJSKI J.E, KRZYMIŃSKA J., MICHAŁOWSKA M., PIKIES R., ZACHOWICZ J., 1989 — Nowe dane o budowie geologicznej Mierzei Wiślanej. *Kwart. Geol.*, **33**, 2: 277–300.

UŚCINOWICZ S., ZACHOWICZ J., 1992 — Mapa Geologiczna Dna Bałtyku 1:200 000, ark. Gdańsk. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

Występowanie bursztynu w utworach eocenu Lubelszczyzny a zasady poszukiwań i możliwe sposoby eksploatacji

Andrzej Saternus

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

andrzej.saternus@pgi.gov.pl

Nagromadzenia bursztynu w górnoeoceńskich osadach północnej Lubelszczyzny mają podobną genezę do złóż sambijskich, należy zatem oczekiwać podobieństw w obu regionach. Bursztyn powinien występować w facjach drobnoklastycznych. Wynika to z małej gęstości bursztynu, który przy spadku energii środowiska wodnego osadzał się przede wszystkim razem z ziarnami mułku i drobnoziarnistego piasku. Dlatego jako perspektywiczne należy uznać obszary, na których przeważają wspomniane frakcje. W praktyce cel ten można osiągnąć sumując w profilu otworu wiertniczego miąższości osadów gruboklastycznych (piaski i żwiry) i drobnoklastycznych (mułki i iły). Stosunek tych wielkości pozwala w przybliżeniu zorientować się jaki jest udział perspektywicznych frakcji w analizowanym otworze. Zastosowanie tej metody przez Państwowy Instytut Geologiczny podczas realizacji w latach 1996–1997 projektu badań pozwoliło wstępnie określić rejony perspektywiczne i przybliżone zależności udziału bursztynu od frakcji osadu, w którym występuje.

Wystąpienie bursztynu na Lubelszczyźnie nie wzbudzało większego zainteresowania, dopóki ceny tego surowca (rodzimego i importowanego) były relatywnie niskie. W ostatnim czasie nastąpiła w tym względzie radykalna zmiana. Powstał automatycznie problem wyboru metody dokładniejszego rozpoznania wystąpień bursztynu i sposobu ich eksploatacji. Warunki na Lubelszczyźnie (znaczna głębokość występowania złoża, znajdująca się na ogół poniżej dolnej granicy zasięgu wiercenia, znaczna spoistość warstwy złożowej i lokalne cementacje piasków w postaci wkładek piaskowców) praktycznie wykluczają najtańszy sposób rozpoznania i jednocześnie eksploatacji przy pomocy otworów hydraulicznych, stosowany powszechnie na Pomorzu w złożach czwartorzędowych. Problemowe są także straty złożowe i środowiskowe. Część wymienionych trudności rozwiązuje zastosowanie wierceń hydromechanicznych, polegających na wykonaniu otworów klasycznymi metodami, częściowym orurowaniu i urabianiu warstwy złożowej przy pomocy głowicy hydraulicznej. Metoda odkrywkowa pozwala natomiast na najefektywniejsze wykorzystanie złoża bez strat, z którymi wiąże się stosowanie wierceń hydromechanicznych. Dwie ostatnie metody eksploatacji muszą jednak być poprzedzone rozpoznaniem, najlepiej z wykorzystaniem metod geofizycznych w pierwszej fazie i siatki wierceń w drugiej.

Występowanie bursztynu w osadach paleogeńskich w rejonie Parczewa i Lubartowa

Paweł Urbański

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

pawel.urbanski@pgi.gov.pl

Na obszarze położonym w środkowym i częściowo w górnym biegu Wieprza w rejonie pomiędzy Parczewem a Lubartowem, stwierdzono koncentracje bursztynu o charakterze złożowym występujące *in situ* w utworach eocenu górnego (przełom bartonu i priabonu). Utwory te leżą na osadach mastrychtu górnego, danu i montu. Na granicy między utworami kredy a paleogenu na znacznej części obszaru występuje luka stratygraficzna, obejmująca swym zasięgiem mastrycht, paleocen oraz eocen dolny i jego część środkową. Powyżej luki stratygraficznej leżą utwory asocjacji bursztynonośnej, należące do górnego bartonu i priabonu. Utwory bursztynonośne są zaliczane do formacji z Siemienia i wykształcone w postaci piasków kwarcowo-glaukonitowych ze żwirem, fosforytami i bursztynem oraz szarozielonych, wapnistych iłów piaszczystych z fauną, znanych z Siemienia i Luszawy. Asocjacja bursztynonośna na terenie Lubelszczyzny osadziła się wzdłuż południowo-wschodniego wybrzeża morza późnoeoceńskiego i jest związana wyłącznie ze środowiskiem morskim, na co wskazuje powszechna obecność w osadach asocjacji bursztynonośnej glaukonitu oraz liczne szczątki fauny morskiej. Osady bursztynonośne występują płytko, a ich miąższość waha się w granicach 0,1–22,5 m. Na podstawie istniejących danych na obszarze występowania asocjacji bursztynonośnej wydzielono siedem rejonów perspektywicznych, a w ich obrębie 10 pól bursztynonośnych o największych zasobach bursztynu i największej bursztynonośności. Jako podstawę wyznaczania obszarów perspektywicznych przyjęto założenie, że bursztyn, ze względu na małą gęstość, stanowi ekwiwalent sedymentacyjny utworów drobnopiaszczystych i mułkowych. Dla obszaru północnej Lubelszczyzny o powierzchni około 730 km^2 oszacowano całkowite zasoby bursztynu na 256,5 tys. Mg, przy średniej koncentracji 351,5 g/m^2. Cały obszar, a szczególnie wyznaczone pola bursztynonośne, należy uznać więc za wysoce perspektywiczny. Płytkie występowanie osadów bursztynonośnych w północnej Lubelszczyźnie pozwala na ich eksploatację metodą odkrywkową, której opłacalność może podnieść wykorzystanie jako kopaliny towarzyszącej kruszywa naturalnego często występującego w nadkładzie.

Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4
00-975 Warszawa
tel. (+48) 22 45 92 000
fax (+48) 22 45 92 001
biuro@**pgi**.gov.pl
www.**pgi**.gov.pl

zlozakopalin.pl