

Anna Krasieńska, Anna Król
Instytut Nafty i Gazu, Kraków

Ocena szkodliwoci odpadów wydobywczych w świetle obowiązujacych wymaganí prawnych na przykladzie odpadów wytwarzanych podczas konwencjonalnego poszukiwania węglowodorów

Wprowadzenie

Zakład Ochrony Środowiska INiG zajmuje się tematyką odpadów generowanych przez branżę górnictwa nafty i gazu (głównie odpadów wydobywczych) od 20 lat. W okresie tym ulegał zmianie zarówno wymagany zestaw informacji o materiałach i środkach stosowanych w procesie wytwarzania odpadów, jak i zakres badań, których wyniki są podstawą ekologicznej oceny odpadów i determinują sposób ich zagospodarowania. Wzrost świadomości społecznej na temat możliwych konsekwencji dla zdrowia ludzi i środowiska niewłaściwej gospodarki odpadami wymusił powstanie szeregu aktów prawnych zarówno na poziomie Unii Europejskiej, jak i krajowym.

Obecnie obowiązują odrębne przepisy prawne dotyczące gospodarowania odpadami wydobywczymi. *Ustawa z dnia 10 lipca 2008 r. o odpadach wydobywczych* (Dz.U. z 2008 r. nr 138, poz. 865, z późn. zm.) jest transpozycją do ustawodawstwa polskiego *Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2006/21/WE z dnia 15 marca 2006 r. w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego oraz zmieniająca dyrektywę 2004/35/WE* (Dz.U. UE L 102 z 11.04.2006, s. 15, z późn. zm.). Do ustawy wydano następujące przepisy wykonawcze:

- *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 5 kwietnia 2011 r. w sprawie szczegółowych kryteriów klasyfikacji obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych* (Dz.U. z 2011 r. nr 86, poz. 477),
- *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 kwietnia 2011 r. w sprawie prowadzenia monitoringu obiektu*

unieszkodliwiania odpadów wydobywczych (Dz.U. z 2011 r. nr 92, poz. 535),

- *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 15 lipca 2011 r. w sprawie kryteriów zaliczenia odpadów wydobywczych do odpadów obojętnych* (Dz.U. z 2011 r. nr 175, poz. 1048).

Należy zaznaczyć, że planowana jest nowelizacja ustawy o odpadach wydobywczych oraz uzupełnienie istniejących aktów wykonawczych poprzez wprowadzenie rozporządzeń dotyczących między innymi: norm zharmonizowanych określających metody pobierania próbek, charakterystyki odpadów wydobywczych, zakresu oraz częstotliwości kontroli obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych.

Według istniejących przepisów, obiekty unieszkodliwiania odpadów wydobywczych dzielą się na obiekty kategorii A i pozostałe. Istnieją ściśle określone wytyczne, kiedy obiekt unieszkodliwiania odpadów zaliczany jest do kategorii A, oraz wytyczne dotyczące prowadzenia monitoringu obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych.

W związku z tym, monitoring jakości odpadów przyjmowanych na składowisko (obiekt unieszkodliwiania odpadów) jest niezwykle istotny dla zarządzającego obiektem. Właściciel odpadu, w ramach planu gospodarowania odpadami, zobowiązany jest do dostarczenia pełnej charakterystyki posiadanych odpadów.

Wytyczne do sporządzenia charakterystyki odpadów można znaleźć w Decyzji Komisji Nr 2009/360/WE (do-

kumenty Unii Europejskiej) [2], w której określono między innymi, że charakterystyka ma zawierać informacje dotyczące geotechnicznych i geochemicznych właściwości odpadu. Znajomość składu i właściwości odpadu daje możliwość stwierdzenia, czy odpad jest odpadem obojętnym, odpadem niebezpiecznym, czy też odpadem innym niż obojętny i niebezpieczny.

Dotychczas ustalone zostały jedynie kryteria pozwalające na zaklasyfikowanie odpadów wydobywczych do odpadów obojętnych (Dz.U. z 2011 r. nr 175, poz. 1048).

Badane w Zakładzie Ochrony Środowiska odpady

wiertnicze [1] nie zostały zaliczone do odpadów obojętnych. Jednak analiza szkodliwości odpadów, przeprowadzona zgodnie z kryteriami ustalonymi dla odpadów wydobywczych obojętnych, pozwala na określenie czynników, które decydują o tym, że są to odpady inne niż obojętne. W celu stwierdzenia, czy odpad nie jest niebezpieczny lub też, czy można go kwalifikować jako inny niż niebezpieczny i obojętny, w chwili obecnej można wykorzystać inne obowiązujące akty prawne oraz doświadczenia zgromadzone w trakcie prowadzenia wieloletnich badań i oceny szkodliwości dla środowiska odpadów wiertniczych.

Analiza szkodliwości odpadów wiertniczych w świetle obowiązujących aktów prawnych

Szkodliwość dla środowiska odpadów wytwarzanych podczas poszukiwawczych prac wiertniczych, które muszą być odpowiednio zagospodarowane, jest zróżnicowana w zależności od przewiercanych formacji skalnych i stosowanych płuczek wiertniczych (tj. materiałów i środków chemicznych stosowanych do sporządzania i regulacji właściwości płuczek). W trakcie wiercenia pojedynczego odwiertu zwykle stosuje się kilka rodzajów płuczek, co powoduje, że szkodliwość wytwarzanych odpadów zmienia się w różnych etapach prowadzenia prac wiertniczych, w związku z tym, ocena szkodliwości dla środowiska powinna być przeprowadzana dla każdej partii odpadów osobno.

W celu określenia szkodliwości odpadów wytwarzanych podczas poszukiwawczych prac wiertniczych wskazane byłoby przeanalizowanie, w pierwszej kolejności, warunków określonych w *Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 15 lipca 2011 r. w sprawie kryteriów zaliczania odpadów wydobywczych do odpadów obojętnych* (Dz.U. z 2011 r. nr 175, poz. 1048), biorąc pod uwagę tylko te czynniki, które mogą dotyczyć odpadów wiertniczych.

Zgodnie z wymienionym rozporządzeniem do odpadów obojętnych nie można zaliczyć odpadów wytworzonych w trakcie prac poszukiwawczych, które:

- są silnie uwodnione (łatwo ulegają rozpadowi mechanicznemu lub rozpuszczaniu) – wraz z zawartą w odpadzie wodą rozpuszczalne szkodliwe substancje łatwo przedostają się do elementów środowiska (wód i gleb) i mogą wywierać negatywny wpływ na środowisko i/lub zdrowie i życie ludzi – typowe odpady wiertnicze nie są silnie uwodnione, zwykle zawierają od 15 do 40% wody,
- zawierają metale ciężkie w ilościach przekraczających ustalone standardy jakości gleby i ziemi, określone dla grupy B, o których mowa w *Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie*

standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. z 2002 r. nr 165, poz. 1359) oraz wanału, dla którego przyjęto wartość graniczną 500 ppm (500 mg/kg suchej masy odpadów wydobywczych) – dane archiwalne [4] wskazują, że metale ciężkie, takie jak: chrom, cynk, miedź, ołów, nikiel i kadm, występują w odpadach wiertniczych na ogół w stężeniach porównywalnych lub mniejszych niż wartości graniczne ustalone dla gleby i ziemi z terenów grupy B. W tabelicy 1 zamieszczono zakresy stężeń wymienionych metali w odpadach wiertniczych. Zawartości metali: arsenu, baru, molibdenu i rtęci oznaczono dotychczas tylko w wyciągach wodnych odpadów (1:10), co pozwala na stwierdzenie, że stężenia rozpuszczalnych związków tych metali w odpadach są bardzo niskie lub znikome; badania odpadów wiertniczych na zawartość wanadu, cyny i kobaltu nie były wykonywane ze względu na brak podstaw do ich przeprowadzenia;

- zawierają substancje chemiczne stosowane do sporządzania i regulacji właściwości płuczek wiertniczych, które podczas składowania odpadów mogą stwarzać zagrożenia dla środowiska lub zdrowia i życia ludzi – na wiertniach stosowane są różne urządzenia (sita, wirówki) pozwalające na efektywne oddzielenie zwierzcin od płuczki, która po oczyszczeniu może być ponownie wykorzystana, tak więc odpady wiertnicze zawierają głównie zwierzcinę i niewielkie ilości zużytej płuczki, której nie da się już zastosować – taka gospodarka zapewnia ograniczenie zawartości substancji chemicznych w odpadzie;
- nie spełniają kryteriów dopuszczenia odpadów obojętnych do składowania na składowisku odpadów obojętnych, o których mowa w *Rozporządzeniu Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 7 września 2005 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania*

odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu (Dz.U. z 2005 r. nr 186, poz. 1553, z późn. zm.). Kryteria decydujące o możliwości składowania odpadów obojętnych na składowisku odpadów obojętnych obejmujące dopuszczalne graniczne wartości wymywania (wartości te dla odpadów wyznacza się przy stosunku cieczy do fazy stałej 10 l/kg – test podstawowy lub w przypadku braku takiej możliwości przy stosunku 2 l/kg – test pomocniczy) zamieszczone są w załączniku nr 3 do przytoczonego rozporządzenia – obowiązujące wymagania dla odpadów wydobywczych obojętnych można ocenić jako rygorystyczne; badania wyciągów wodnych odpadów wiertniczych wykonane w ciągu ostatnich kilku lat w Zakładzie Ochrony Środowiska INiG [1] wskazują, że odpady te zwykle nie spełniają wymagań odnoszących się do rozpuszczonego węgla organicznego i/lub zawartości jonów chlorkowych.

Tablica 1. Zakresy stężeń metali ciężkich określone dla badanych odpadów wiertniczych [4]

Badany metal	Zakres stężenia metalu	Wartości dopuszczalne stężeń w glebie lub ziemi – Grupa B Głębokość 0÷0,3 m ppt
	[mg/kg s.m.]	[mg/kg s.m.]
Chrom (Cr)	57÷120	150
Cynk (Zn)	37÷276	300
Kadm (Cd)	poniżej 0,05	4
Miedź (Cu)	18÷60	150
Nikiel (Ni)	0,3÷38	100
Ołów (Pb)	27÷108	100

W celu wykazania, że odpady wiertnicze nie są odpadami niebezpiecznymi i można je klasyfikować jako odpady inne niż obojętne i niebezpieczne można skorzystać z aktów wykonawczych wydanych do *Ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach* (Dz.U. z 2010 r. nr 185, poz. 1243, z późn. zm.) tj.:

- *Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 13 maja 2004 r. w sprawie warunków, w których uznaje się, że odpady nie są niebezpieczne* (Dz.U. z 2004 r. nr 128, poz. 1347);
- *Rozporządzenia Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 7 września 2005 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczenia odpadów do składowania na składowisku danego typu* (Dz.U. z 2005 r. nr 186, poz. 1553, z późn. zm.).

Pierwsze z wymienionych rozporządzeń określa warunki, w których uznaje się, że odpady wymienione na liście odpadów niebezpiecznych nie posiadają właściwości lub składników i właściwości, które decydują o ich zaliczeniu do odpadów niebezpiecznych. Uznaje się, że warunki są spełnione, jeżeli:

- nie stwierdzono przekroczeń stężeń składników określonych w załączniku nr 3 do rozporządzenia (tj. substancji: wysoce toksycznych, toksycznych, szkodliwych, żrących, drażniących, rakotwórczych, szkodliwych na rozrodczość, mutagennych),
- lub
- nie występują przekroczenia parametrów granicznych określonych w załączniku nr 1 do rozporządzenia (parametry te dotyczą właściwości utleniających, wysoce łatwopalnych, łatwopalnych, drażniących, żrących, zakaźnych, uwalniających toksyczne i wysoko toksyczne gazy, uwalniających substancje o właściwościach podanych w załączniku oraz w pkt. 2) oraz brak jest następujących cech: właściwości wybuchowych, szkodliwych albo toksycznych, rakotwórczych, mutagennych, ekotoksycznych oraz szkodliwego działania na rozrodczość.

W przypadku odpadów wytwarzanych podczas poszukiwania węglowodorów można odnieść się do pierwszego warunku, którego spełnienie ustala się w trzech etapach:

- etap pierwszy – ustalenie listy substancji, których wystąpienie w odpadzie jest spodziewane,
- etap drugi – wykonanie wstępnych badań potwierdzających występowanie w odpadzie spodziewanych substancji,
- etap trzeci – przeprowadzenie szczegółowych badań w celu określenia stężeń substancji ustalonych w drugim etapie,

gdyż schemat postępowania w trakcie badania szkodliwości odpadów wiertniczych jest taki sam.

Jeżeli ustalone w wyniku badań stężenia substancji w odpadzie są niższe niż wymienione w załączniku nr 3 do rozporządzenia, odpad uznaje się za nieposiadający składników i właściwości powodujących, że jest on odpadem niebezpiecznym.

Wyniki badań odpadów wiertniczych nie były poddawane ocenie zgodnie z omawianym rozporządzeniem, obecnie jednak w sytuacji, gdy odpady wydobywcze niebezpieczne lub zawierające substancje i mieszaniny niebezpieczne powyżej określonego progu muszą być składowane w obiektach unieszkodliwiania odpadów wydobywczych kategorii A, może okazać się konieczne jednoznaczne określenie, że odpad wiertniczy nie jest odpadem nie-

bezpiecznym, a w przypadku odpadu niebezpiecznego: jakie jego składniki lub właściwości decydują o takiej klasyfikacji. W tym celu potrzebna jest dokładna znajomość składu płuczek wiertniczych używanych podczas wiercenia otworu oraz kart charakterystyki wszystkich stosowanych materiałów i środków chemicznych, które mogłyby znaleźć się w odpadzie.

Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 7 września 2005 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczenia odpadów do składowania na składowisku danego typu (Dz.U. z 2005 r. nr 186, poz. 1553, z późn. zm.) określa dopuszczalne graniczne wartości wymywania zanieczyszczeń z odpadów obojętnych, niebezpiecznych oraz innych niż obojętne i niebezpieczne przeznaczonych do składowania na składowiskach odpadów danego typu. Kryteria dla poszczególnych rodzajów odpadów zamieszczone są w załącznikach do rozporządzenia. Przeprowadzenie badań dla odpadu, zgodnie z tym rozporządzeniem, pozwala określić, jakie jego składniki ulegają wymywaniu wodą i jakie parametry należy uwzględnić podczas

przewodzenia monitoringu obiektu, w którym odpad jest unieszkodliwiany.

Do tej pory, z powodu braku innych wytycznych, ocena szkodliwości odpadów wiertniczych wykonywana była na podstawie niniejszego rozporządzenia. Zakres badań obejmował oznaczenie wymywanych składników odpadu, takich jak: metale (arsen, bar, kadm, chrom, miedź, rtęć, molibden, nikiel, ołów, antymon, cynk), selen, jony chlorkowe, fluorkowe i siarczanowe oraz rozpuszczony węgiel organiczny (DOC) i stałe związki rozpuszczone (TDS). W bazie danych Zakładu Ochrony Środowiska INiG zgromadzonej w latach 2009 – 2012 [1] znajdują się wyniki analiz fizykochemicznych wykonanych dla ponad 70 próbek różnych odpadów wiertniczych. W tabelicy 2 przedstawiono zakresy stężeń oznaczonych wskaźników zanieczyszczeń. Badane odpady wiertnicze, zwykle dla większości parametrów, spełniały kryteria dopuszczenia odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne (które nie stanowią odpadów komunalnych) do składowania na składowisku odpadów innych niż niebezpieczne i obo-

Tablica 2. Zakresy stężeń wymywanych zanieczyszczeń określone dla badanych odpadów wiertniczych [4]

Badany parametr	Zakres stężenia wymywanego zanieczyszczenia	Dopuszczalne graniczne wartości wymywania test podstawowy (Dz.U. z 2005 r. nr 186, poz. 1553, z późn. zm.)		
		Odpad obojętny	Odpad inny niż niebezpieczny i obojętny	Odpad niebezpieczny
	[mg/kg s.m.]	[mg/kg s.m.]	[mg/kg s.m.]	[mg/kg s.m.]
Arsen (As)	n.s. – 0,95 (22)*	0,5	2	25
Bar (Ba)	n.s. – 27	20	100	300
Kadm (Cd)	n.s. – 0,95	0,04	1	5
Chrom (Cr)	n.s. – 5,4	0,5	10	70
Miedź (Cu)	n.s. – 6,0	2	50	100
Rtęć (Hg)	n.s. – 0,07 (0,16)*	0,01	0,2	2
Molibden (Mo)	n.s. – 5,2	0,5	10	30
Nikiel (Ni)	n.s. – 5,2 (50)*	0,4	10	40
Ołów (Pb)	n.s. – 6,7 (11,3)*	0,5	10	50
Antymon (Sb)	n.s. – 0,62 (2,9)*	0,06	0,7	5
Cynk (Zn)	n.s. – 6,5	4	50	200
Selen (Se)	n.s. – 2,2 (5,1)*	0,1	0,5	7
Chlorki (Cl ⁻)	300 – 240 000	800	15 000	25 000
Fluorki (F ⁻)	n.s. – 50 (170)*	10	150	500
Siarczany (SO ₄ ²⁻)	68÷13 000 (28 000)*	1000	20 000	50 000
Rozpuszczony węgiel organiczny (DOC)	277÷10 400 (40 000)*	500	800	1 000
Stałe związki rozpuszczone (TDS)	1400÷400 000	4 000	60 000	100 000

n.s. – wynik poniżej granicy oznaczalności metody badawczej

* pojedyncze przypadki

jętne (załącznik nr 4). Wyjątek najczęściej stanowiły: rozpuszczony węgiel organiczny i/lub jony chlorkowe. Jest to problem trudny do uniknięcia, gdyż wysoka zawartość tych substancji jest uwarunkowana wymaganiami technologicznymi. Należy jednak sprawdzić, czy wysokie zawartości węgla organicznego w odpadzie to tylko konsekwencja obecności w płuczce wiertniczej preparatów skrobiowych, celulozowych, polimerów czy też innych środków zawierających węglowodory lub samych węglowodorów (węglowodorów benzynowych C_6-C_{12} , oleju mineralnego, tj. węglowodorów $C_{12}-C_{36}$, węglowodorów aromatycznych jednopierścieniowych – BTEX i wielopierścieniowych – WWA), gdyż różnią się one w sposób istotny szkodliwością dla środowiska i zdrowia ludzi. Obecnie można tylko przypuszczać, w oparciu o wyniki badań wrywkowych [3], że odpady wiertnicze zawierają niewielkie ilości węglowodorów $C_{12}-C_{36}$ (oleju mineralnego), a zawartości pozostałych grup węglowodorów są przeważnie znikome. W celu uzyskania pewności, że tak

jest rzeczywiście, badaniami na zawartość węglowodorów należałoby objąć większą liczbę odpadów wiertniczych.

Odrębnym, istotnym problemem, który wymaga podkreślenia, jest sposób poboru próbek odpadu do badań – mogący w znaczący sposób rzutować na wyniki badań.

Odpady wytwarzane podczas poszukiwania węglowodorów, zaklasyfikowane jako odpady inne niż obojętne i niebezpieczne, były składowane w obiektach posiadających uprawnienia do przyjmowania tego typu odpadów. Było to możliwe do 1 maja 2012 roku, gdyż zgodnie z art. 58 ustawy o odpadach wydobywczych dotychczas wydane pozwolenia na wytwarzanie odpadów, pozwolenia zintegrowane i zezwolenia w zakresie gospodarowania odpadami wydobywczymi dla istniejących obiektów, zachowywały ważność na czas, na jaki zostały wydane, jednak nie dłużej niż do 1 maja 2012 roku. Zmieniające się wymagania prawne spowodowały, że obecnie odpady wiertnicze muszą być traktowane jako odpady wydobywcze i unieszkodliwiane (składowane) w sposób określony dla tych odpadów.

Podsumowanie

Wchodzące w życie przepisy prawa dla odpadów wydobywczych wymagają modyfikacji metodyki postępowania podczas badania i oceny szkodliwości dla środowiska odpadów wytwarzanych w trakcie poszukiwania węglowodorów.

W celu ustalenia odpowiednio rozszerzonego i zmodyfikowanego zakresu wykonywanych badań chemicznych należy zgromadzić informacje dotyczące materiałów i środków chemicznych stosowanych do sporządzenia i regulacji właściwości płuczek wiertniczych (skład płuczek, karty charakterystyk używanych substancji).

Przeprowadzona analiza szkodliwości odpadów wiertniczych w świetle obowiązujących aktów prawnych wskazuje, że odpady te nie są odpadami obojętnymi.

W celu wykazania, że odpad nie jest odpadem niebezpiecznym można postępować z nim zgodnie z *Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 13 maja 2004 r. w sprawie warunków, w których uznaje się, że odpady nie są niebezpieczne* (Dz.U. z 2004 r. nr 128, poz. 1347) lub wykazać, poprzez przeprowadzenie testów wmywania (dostarczą informacji na temat jakości i ilości substancji wmywanych z odpadu), że odpad wiertniczy jest odpadem innym niż obojętny i niebezpieczny.

Zaletą testów wmywania jest również to, że informacje

z nich wynikające umożliwią właścicielowi obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych, do którego odpad zostanie skierowany, zaplanowanie działań związanych z prowadzeniem monitoringu obiektu.

Na podstawie wieloletniego doświadczenia uzyskanego w trakcie badania i oceny szkodliwości dla środowiska odpadów wiertniczych można przypuszczać, że większość z nich nie jest odpadami niebezpiecznymi. Należy jednak pamiętać, że obecnie o zakwalifikowaniu odpadu jako niebezpiecznego decydują nie tylko niebezpieczne właściwości czy obecność substancji niebezpiecznych powyżej granicznych wartości dopuszczalnych, ale również właściwości mechaniczne mogące spowodować niestabilność obiektu unieszkodliwiania odpadów (składowiska). Właściwości mechaniczne odpadu wiertniczego można poprawić na przykład poprzez niewielki dodatek środków zestalających (szkła wodnego oraz gipsu lub cementu), co w branży praktykuje się od dawna. Proces ten powoduje także zatrzymywanie w zestalonej strukturze wielu substancji chemicznych, np.: metali, reduktorów, a w przypadku substancji rozpuszczalnych w wodzie np. jonów chlorkowych, zmniejsza szybkość ich wmywania, czyli ogólnie zmniejsza potencjalną szkodliwość odpadu dla środowiska.

Literatura

- [1] Baza danych o odpadach wiertniczych badanych w latach 2009 – 2012. Zakład Ochrony Środowiska Instytutu Nafty i Gazu, Kraków.
- [2] *Decyzja Komisji Nr 2009/360/WE z 30 kwietnia 2009 r. uzupełniająca wymogi techniczne w odniesieniu do charakterystyki odpadów ustanowionej dyrektywą 2006/21/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego* (Dz.U. WE L 110 z 1.05.2009, s. 48).
- [3] Krasieńska A. i in.: *Ocena przydatności zbiorczych wskaźników skażenia środowiska glebowego do diagnozowania jego stanu na terenach działalności górnictwa naftowego i gazownictwa*. Prace INiG, 2005.
- [4] Steczko K. i in.: *Prace nad ograniczeniem niekorzystnego wpływu działalności górnictwa naftowego na środowisko naturalne*. Prace INiG, 2004.



Mgr Anna KRASIŃSKA – starszy specjalista badawczo-techniczny w Zakładzie Ochrony Środowiska Instytutu Nafty i Gazu w Krakowie. Brała udział w wielu pracach badawczych na rzecz ochrony środowiska, posiada duże doświadczenie w badaniach i ocenie stanu środowiska na terenach działalności branży górnictwa nafty i gazu.



Mgr Anna KRÓL – absolwentka Wydziału Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego. Obecnie pracuje w Zakładzie Ochrony Środowiska INiG w Krakowie na stanowisku starszego specjalisty badawczo-technicznego. Jest współautorką prac związanych z tematyką dotyczącą ochrony środowiska w górnictwie nafty i gazu oraz publikacji w czasopismach o zasięgu krajowym i międzynarodowym.”