

Justyna KUJAWSKA*

SPOSOBY ZAGOSPODAROWANIA I UTYLIZACJI ZWIERCIN POWSTAJĄCYCH PRZY POSZUKIWANIU GAZU ŁUPKOWEGO

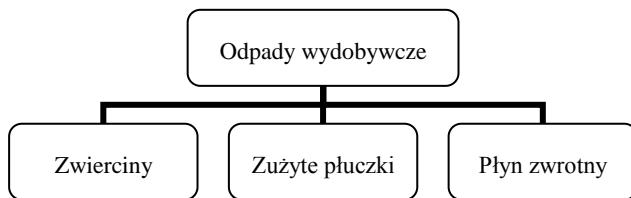
Potwierdzona obecność i wielkość niekonwencjonalnych zasobów gazu ziemnego w Polsce stanowi ceną przesłankę na energetyczną niezależność kraju w perspektywie najbliższych dziesięcioleci, ale także stwarza poważne zagrożenie środowiskowe. Z dostępnych danych wynika, że na 1 mb otworu wiertniczego wytwarzana ilość odpadów wynosi około $0,6 \text{ m}^3$. Obecnie w Polsce wykonywanych jest 18 wierceń, w najbliższych latach planowane jest 333 otworów wydobywczych, co pozwala szacować ilość powstających odpadów na około $87500 \div 210000 \text{ Mg}$ odpadów wiertniczych rocznie. W Polsce odpady powstające przy poszukiwaniu i wydobywaniu gazu łupkowego są składowane na składowiskach. Wzrastająca ilość odpadów oraz powszechna świadomość społeczna o szkodliwości tych odpadów a zatem i potencjalnych zagrożeń dla środowiska, powoduje konieczność znalezienia sposobu ich zagospodarowania. W pracy przedstawiono przegląd metod utylizacji odpadów wydobywczych.

1. ODPADY POWSTAJĄCE PRZY POSZUKIWANIU GAZU ŁUPKOWEGO

Wielkość wydobywanych zasobów gazu łupkowego w naszym kraju można szacować na poziomie około 350 mld m^3 . Poszukiwanie i eksploatacja gazu łupkowego wymaga wykonywania odwiertów pionowych i poziomych, które sięgają nawet kilka tysięcy metrów w głąb ziemi. W Polsce do 2021 roku prognozowane jest 333 wierceń. [1] Podstawową metodą eksploatacji gazu ze skał łupkowych jest metoda szczelinowania hydraulicznego, polegająca na zatłaczaniu do skał łupkowych wody z domieszkami substancji chemicznych lub innego medium (np. ditlenek węgla) pod znacznym ciśnieniem oraz proppantu (materiału posadzkowego). W trakcie prac wiertniczych oraz szczelinowania hydraulicznego powstają zróżnicowane odpady wydobywcze ciekłe i stałe.

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

Podział odpadów powstających przy poszukiwaniu i wydobywaniu gazu łupkowego obrazuje schemat 1.



W tabeli 1 przedstawiono wykaz odpadów powstających przy poszukiwaniu, wydobywaniu i eksploatacji gazu łupkowego zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001r. w sprawie katalogu odpadami.

Tabela 1. Wykaz odpadów powstających przy poszukiwaniu, wydobywaniu, eksploatacji gazu łupkowego zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dn. 27.09.2001r. w sprawie katalogu odpadów

Kod odpadu	Odpady 0105 Płuczki wiertnicze i inne odpady wiertnicze
01 05 05	płuczki i odpady wiertnicze zawierające ropę naftową
01 05 06	płuczki i odpady wiertnicze zawierające substancje niebezpieczne
01 05 08	płuczki wiertnicze zawierające chlorki i odpady inne niż powyższe
01 05 07	płuczki wiertnicze zawierające baryt i odpady inne niż powyższe,
Odpady niewiertnicze	
06 04 04	odpady zawierające rtęć
07 02 013	odpady zawierające tworzywa sztuczne
08 01 11	odpady zawierające lakiery, farby, oleje (silnikowe, hydrauliczne) i inne

Średnia ilość odpadów – zużytej płuczki i zwiercin – podczas jednego wiercenia wynosi około 2500÷6000 Mg.

W latach 2013-2016 prognozowane jest wytworzenie w Polsce około 87500 ÷ 210000 Mg odpadów wiertniczych rocznie [2].

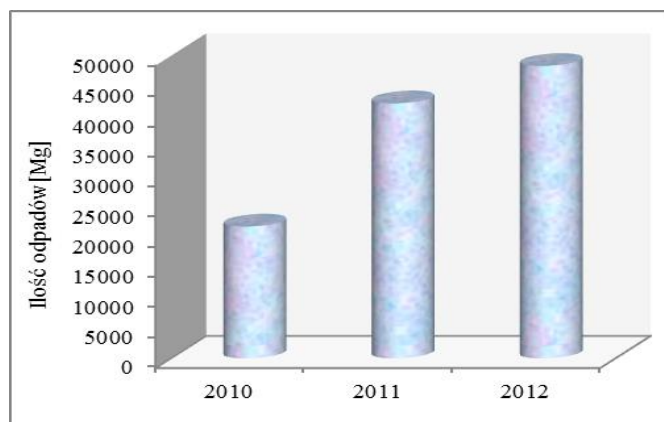
Ilość odpadów wydobywczych w województwie lubelskim wg raportów wojewódzkich dotyczących gospodarki odpadami przedstawia wykres 1.

Ilość powstających odpadów wydobywczych wskazuje konieczność nad rozpoczęciem badań nad ich właściwościami chemicznymi, zaś gospodarka odpadami stanowi jeden z najważniejszych problemów ekologicznych ostatnich lat.

W Polsce nie są dostępne kompleksowe badania właściwości odpadów powstających podczas poszukiwania, wydobywania i eksploatacji gazu łupkowego.

Odpady wydobywcze przy poszukiwaniu gazu łupkowego to odpady typu mineralno-organicznego. Odpadowe płuczki wiertnicze są układami koloidalnymi o właściwościach tiksotropowych, stanowiącym złożone kompozyty drobnodispersyjnych ciał stałych (organicznych i nieorganicznych), makromolekuł, polimerów oraz cieczy.

Zazwyczaj zawierają duże stężenie chlorków (do 90 000 mg/dm³) i siarczanów (do 20 000 mg/dm³), mogą zawierać metale ciężki oraz substancje ropopochodne.



Rys. 1. Ilość odpadów wiertniczych w województwie lubelskim [3]

Skład, wielkość i właściwości odpadów wiertniczych mogą się zmienić w szerokim zakresie w zależności od warunków geologiczno-technologicznych wiercenia oraz rodzaju użytych płuczek wiertniczych. Zwierciny zawierają głównie skały i łupki z rodzimego materiału z którego są wiercone i mogą być połączone z różną ilością płynu wiertniczego. W swoim składzie zawierają ropopochodne węglowodory: alifatyczne węglowodory, policykliczne aromatyczne węglowodory (PAHs), polichlorowane bifenyly (PCBs) i metale ciężkie m.in. bar, ołów, cynk, rtęć, chrom, arsen i nikiel. Zróżnicowany skład chemiczny zwiercin uzależniony jest od wielu czynników oznacza to, że nie istnieje ujednoczony skład zwiercin co komplikuje oznaczenie ich toksyczności oraz określenie wpływu na środowisko. [4]

Trudności w opracowaniu skutecznej technologii zagospodarowania odpadów wynikają ze zmiennego i zróżnicowanego składu odpadów.

Zasady gospodarowania odpadami z przemysłu wydobywczego określa na poziomie unijnym Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2006/21/WE z dnia 15 marca 2006 r. w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego (Dz.Urz. UE L 102 z 11.04.2006 r.), na poziomie krajowym Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001r. w sprawie katalogu odpadami (Dz. U. Nr 112 poz. 1206) [5].

W świetle ustaw i rozporządzeń w gospodarce odpadami i zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju istotą nowoczesnego postępowania z odpadami wyraża zasada 3R tj. reduce, reuse, recycle.

Oznacza to:

1. redukcję ilości odpadów,
2. ponowne używanie tych, których nie udało się zredukować,
3. przetwarzanie surowców, których nie można użyć ponownie.

Pierwszy upubliczniony raport w Polsce z wykonanego procesu szczelinowania hydraulicznego w Łebieniu nie wykazuje procesów potwierdzających odzysk i recykling odpadów wydobywczych [6].

Poniżej przedstawiono metody utylizacji i zagospodarowania odpadów powiertniczych.

2. METODY UTYLIZACJI I ZAGOSPODAROWANI ODPADÓW POWIERTNICZYCH

2.1. DOŁY UROBOWE

Najstarszą i najpowszechniej stosowaną metodą zagospodarowania odpadów wiertniczych było składowanie ich w dołach urobowych i/lub na składowiskach. Doły urobowe usytuowane są w bezpośrednim sąsiedztwie wiertni.

Stosowanie dołów urobowych jest niekorzystne dla środowiska gdy odpady zawierają wysokie stężenie: oleju, soli, biologicznie aktywnych metali i innych niebezpiecznych związków, które mogą migrować z dołów i zanieczyszczać zasoby wodne [7].

Istnieje kilka podstawowych czynników niezbędnych do zapewnienia prawidłowego działania dołów urobowych, tak aby nie stwarzały zagrożenia środowiskowego. Należy do nich:

- konstrukcja dołu urobowego: odpowiednia pojemność dołu urobowego, dno dołu urobowego powinno znajdować się w odległości co najmniej 0,5m od poziomu wód powierzchniowych; obwałowanie dna musi być nieprzepuszczalne i wytrzymałe mechanicznie [8],

- odpowiedni rodzaj gleby otaczającej dół urobowy najlepiej gleba gliniasta,
- stała kontrola i monitoring odpływów i wycieków,
- znajomość składu chemicznego oraz radioaktywności zwiercin [4].

Likwidacja dołów urobowych odbywa się w dwóch etapach: oczyszczanie ścieków wiertniczych i odprowadzenie wody do wód powierzchniowych oraz unieszkodliwienie i likwidacja zwiercin i szlamu.

Najczęściej oczyszczanie ścieków wiertniczych polegają na dodaniu do zbiorników czynników koagulujących (CaO , FeSO_4) i flokujących. Unieszkodliwienie odpadów polega na ich zestalaniu, szlam miesza się ze środkami neutralizującymi i zagęszczającymi i całość pokrywa warstwą gleby [8].

Jest to prosta i tania technika, ale obdarzona ryzykiem wycieku do wód podziemnych.

2.2. ZESTALANIE I STABILIZACJA

Zestalanie i stabilizacja są procesami przekształcania odpadów w celu poprawy ich właściwości fizycznych i chemicznych.

Zestalanie jest to przekształcanie odpadów w wyniku dodania środków wiążących w monolit o określonej wysokiej wytrzymałości i strukturalnej jednolitości. Proces zmienia tylko stan fizyczny odpadów przez zastosowanie dodatków, nie zmieniając składu chemicznego odpadów.

Stabilizacja jest techniką w której w wyniku reakcji chemicznych dodanego reagenta z odpadami, odpady zostają przeprowadzone do postaci stabilnej.

Często zestalania i stabilizacja stosowane są równocześnie, co umożliwia zmianę fizycznej i chemicznej struktury odpadów.

Do zestalania i stabilizacji stosuje się spoiwa hydrauliczne, cement, wapno, pucolany, gips, krzemiany oraz organiczne środki wiążące. Do oceny skuteczności zestalania odpadów stosuje się kryteria wytrzymałościowe (np. wg US.EPA wytrzymałość zestalanej masy na ściskanie powinna być większa niż 0,352 MPa) oraz fizykochemiczne (ługowność oraz skład chemiczny wyciągu w wodzie destylowanej, w wodzie nasyconej ditlenkiem węgla) [9].

Stosowanie procesów zestalania i stabilizacji odpadów zależy od uzyskanego materiału i jego chemicznego charakteru.

Jedną z najpopularniejszych metod zagospodarowania odpadów wiertniczych do celów geotechnicznych jest ich zestalanie i stabilizacja za pomocą spoiw hydraulicznych i powietrznych. Ze względu na charakter chemiczny odpadów wiertniczych jest to metoda mało skuteczna, bowiem składniki chemiczne zawarte w płuczkach wiertniczych spowalniają a nawet całkowicie zatrzymują proces hydrolizy i hydratacji składników mineralnych cementów a szczególnie krzemianów wapniowych. Z kolei próby zestalania odpadów przy użyciu spoiw powietrznych na bazie spoiw wapiennych gdzie produktem hydrolizy jest portland Ca(OH)_2 który można poddać karbonatyzacji za pomocą CO_2 jest zabiegiem kosztownym i mało opłacalnym [10].

Patent RU 2198142 przedstawia sposób neutralizacji zwiercin. Sposób obejmuje rozdzielanie odpadów wiertniczych na fazę stałą i ciekłą przez dodawanie uwodnionych glinokrzemianów do wartości pH 9-12. Oddzielona faza stała jest mieszana i dodawany jest środek zestalający, który zawiera cement portlandzki, wapno palone, węglan wapnia, fotogipsy, dolomit.

Patent P-21305 z dnia 25.03.2010 r. przedstawia sposób kompozycji środka do zestalania odpadów zawierającego szkło wodne, cement portlandzki oraz spoiwo sodowe. Kompozycja środka wiążącego według wynalazku charakteryzuje się wysokim udziałem aktywnej krzemionki co powoduje wysoką wytrzymałość mechaniczną ze-

stalonych odpadów wiertniczych, hydrofobowości i podwyższoną odporność na warunki otoczenia. Dzięki swoim właściwościom kompozycja może znaleźć zastosowanie jako środek do dekontaminacji niebezpiecznych odpadów przemysłowych.

Procesów zestalania i stabilizacji odpadów wiertniczych w produkcji cementu nie stosuje się, gdy odpady wiertnicze zawierają więcej niż 45% wagowych substancji organicznych a mniej niż 15% substancji stałych [11].

Shaffer i in. przeprowadzili serię badań nad wykorzystaniem zwiercin stabilizowanych w matrycach krzemionkowych o pH wyższym od 11 do poprawy wzrostu roślinności bagiennej. Stabilizowane zwierciny nie powodowały wzrostu roślin, jednakże zaobserwowano bioakumulację metali ze zwiercin [12].

Procesy zestalania i stabilizacji są czasochłonne i kosztowne.

2.3. TERMICZNE METODY OCZYSZCZANIA

Termiczne metody oczyszczania najczęściej stosowane są do unieszkodliwiania odpadów zaolejonych. Obejmują następujące procesy spopielenie, gazyfikację, desorpcję, pyrolizę. Procesy termiczne są najbardziej efektywne do destrukcji związków organicznych, zmniejszają mobilność metali i niektórych soli [13].

Spopielenie to technologia utleniania odpadów w wysokich temperaturach zazwyczaj 1200–1500 °C. Metoda pozwala na separację stałych, płynnych i lotnych składników odpadów. Spopielenie jest używane do niszczenia odpadów organicznych, wysoko toksycznych, łatwopalnych. W metodzie wykorzystuje się piece obrotowe, piece cementowe. Piece mogą mieć również urządzenia kontrolujące emisję zanieczyszczeń w celu zminimalizowania emisji. Popiół powstały w wyniku spalania odpadów, zostaje włączony do surowca cementowego.

Termiczna desorpcja jest procesem fizycznej separacji przeprowadzania zanieczyszczeń w formę lotną. Odpady są ogrzewane do temperatury 600 °C do odparowania wody i zanieczyszczeń organicznych. Proces jest najbardziej efektywny dla odpadów zawierających lekkie węglowodory, węglowodory aromatyczne i inne lotne związki organiczne. Do utylizacji odpadów wiertniczych stosuje się piece [11].

Termiczne metody oczyszczania odpadów mają wysokie zapotrzebowanie energetyczne i wygórowane koszty technologii obróbki termicznej. Problemem są też powstające pyły i opary [14].

2.4. METODY BIOREMEDIACJI

Bioremediacja jest procesem polegającym na usunięciu lub przekształceniu zanieczyszczeń w formy mniej szkodliwe z udziałem mikroorganizmów tj. bakterii, grzybów, glonów. Bakteriami zdolnymi do całkowitej mineralizacji alifatycznych i aromatycznych węglowodorów zawartych w odpadach wiertniczych są: *Rhodococcus*

erythropolis, *Micrococcus luteus*, *Pseudomonas fluorescens* i *Mycobacterium frederikbergense*. Grzybami zdolnymi do biodegradacji odpadów wydobywczych są: *Cladosporium sp.*, *Aspergillus sp.*, *Cunninghamella sp.*, *Penicillium sp.*, *Fusarium sp.*, *Cladophialophoria sp.*, *Phanerochaete chrysosporium*, *Pleurotus ostreatus*, *Trichoderma asperellum*.

Bioremediacja stosowana jest głównie do oczyszczania gleb zanieczyszczonych odpadami wiertniczymi [15].

Bioremediacja jest techniką przyjazną środowisku, pozwala na kontrolę lotnych związków, odpady przetwarzane są w produkty w miejscu wytworzenia co obniża koszty procesów. Czasami bioremediacja jest przejściowym etapem obróbki lub usuwania węglowodorów z odpadów. Wadą metody jest stosunkowo długi czas przebiegu procesu, wymagający wielu miesięcy do osiągnięcia pożądanego efektu [16].

Obecnie badania bioremediacji odpadów wydobywczych prowadzone są głównie na skalę laboratoryjną.

Najpowszechniej stosowane techniki bioremediacji to: kompostowanie, bioreaktory, vermiculture, landfarming i land spreading.

2.4.1. KOMPOSTOWANIE

Kompostowanie polega na mieszaniu odpadów z organicznymi materiałami wypełniającymi tj. słomą, drewnianymi wiórami, trocinami, łupinami w celu zwiększenia porowatości. Biodegradację odpadów można zwiększyć dodając nawozy azotowo-fosforowe co pozwala szybciej osiągnąć optymalne poziomy węgla do azotu, węgla do fosforu. Optymalne wartości procesu kompostowania to wilgotność 40-60% a temperatura 70°C. Długotrwała wysoka temperatura może doprowadzić do zwęglenia produktu końcowego, co powoduje jego bezużyteczność do dalszego wykorzystania.

Kriipsalu i inni przeprowadzili kompostowanie olejowych ścieków rafineryjnych w warunkach laboratoryjnych. Badania wykazały redukcję węglowodorów ropopochodnych (TPH) na poziomie 62% przy użyciu jako materiału wypełniającego piasku; 74% przy użyciu ścieków kuchennych, 49% przy użyciu drewnianych wiór. Powstałe produkty mogły być stosowane komercyjnie [17].

Z większości przeprowadzonych badań wynika, że produkty powstałe po kompostowaniu są nieszkodliwe i mogą być powszechnie stosowane.

2.4.2. VERMICULTURE

Vermiculture to proces polegający na użyciu dżdżownic do rozkładu organicznych odpadów do końcowego produktu, który można stosować do poprawy żyzności gleby oraz zwiększenia uprawy roślin.

Norma i in. przeprowadzili doświadczenia, które wykazały spadek koncentracji węglowodorów z 4600 mg/dm³ do poniżej 100 mg/dm³ w czasie 28 dni, a poniżej 200 mg/dm³ po 10 dniach [11].

2.4.3. LANDFARMING

Ideą landfarmingu jest wykorzystanie naturalnego zespołu mikroflory i fauny glebowej do metabolizowania i transformacji odpadów w miejscu wytwarzania. Dodatkowym rezultatem jest rozcieńczenie metali zawartych w odpadach oraz przekształcenie i asymilacja innych zanieczyszczeń nie tylko organicznych zawartych w odpadach. W praktyce oczyszczanie odpadów ograniczone jest do górnej warstwy gleby do 10-35 cm. Proces może być wspierany przez dodatek nawozów azotowo-fosforowych, kompostu, gnojowicy. Zmienność pór roku wpływa na czas trwania procesu.

Przed rozpoczęciem landfarmingu odpadów ważne jest rozpoznanie terenu topografii i hydrologii podłoża. W procesie landfarmingu łatwiej biodegradowalne są związki o małej masie cząsteczkowej alifatyczne i monoaromatyczne. Związki o większej masie cząsteczkowej mogą przenikać do wód głębinowych. Landfarming wymaga kontroli przepływu zanieczyszczeń do wód głębinowych [12].

Zaletą landfarmingu jest niski koszt.

W Southeastern Louisiana University USA przeprowadzono badania nad przydatnością oczyszczonych zwiercin jako domieszki pod rośliny bagienne. Okazało się, że nie ma istotnych różnic między uprawą roślin na glebie rodzimej oraz na glebie modyfikowanej domieszką zwiercin [16].

Większość badań landfarmingu do tej pory przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych co nie uwzględnia specyficznych czynników takich jak: charakterystyka gleby, warunków środowiskowych, oddziaływania środowiska, zmienności warunków środowiskowych.

Niektóre badania dowodzą, że landfarming korzystnie wpływa na gleby piaszczyste poprzez zwiększenie zdolności zatrzymywania wody i zmniejszenie strat nawozowych a zatem zwiększenie produktywności gleby.

W raporcie technicznym z Taranki przedstawiono wpływ zwiercin na piaszczyste gleby. Zastosowanie procesu landfarmingu może spowodować zamianę nieużytecznych piasków w pastwiska. Doświadczenie prowadzono w warunkach polowych, porównując 3 pola, jedno naturalne, drugie zmieszane ze zwiercinami opartymi na płuczkach wodnych, trzecie zmieszane z syntetycznymi zwiercinami. Badania wykazały, że ogólna zawartość węgla azotu i fosforu w badanych glebach zmieniały się w okresie od 3 do 4 lat po zastosowaniu zwiercin. Poziom węgla po rozpoczęciu doświadczenia w 2007 roku wzrósł, jednak w 2010 roku poziom węgla spadł do połowy. Poziom azotu spadł już na początku badań i był niski przez cały okres trwania badań. Poziom fosforu wzrósł znacząco po aplikacji zwiercin i pozostał wysoki do końca

badania. Wahania poziomu składników odżywczych wskazują, że zwierciny wpływają na jakość gleby. Trudne jednak okazało się wskazanie przyczyn zmiany składników odżywczych gleby [18].

3. PODSUMOWANIE

Opisane skrótkowo sposoby postępowania z wybranymi odpadami wydobywczymi powstającymi przy poszukiwaniu, eksploatacji gazu łupkowego nie są uniwersalnymi propozycjami rozwiązania problemu w zakresie gospodarki odpadami.

Sposoby zagospodarowania odpadów obarczone są licznymi wadami są to albo wysokie koszty, albo mała efektywność procesu.

Zarówno efektywność poszukiwania i wydobycia gazu łupkowego jak i bezpieczeństwo zależą od stosowania prawidłowych zasad gospodarowania odpadami, która obejmuje zarówno aspekty ilościowe jak i jakościowe. Skutecznym sposobem gwarantującym bezpieczną eksploatację jest podejmowanie działań zapobiegających potencjalnym zanieczyszczeniom oraz monitoring badawczy. Kompleksowy sposób zarządzania odpadami na każdym etapie umożliwi bezpieczne prowadzenie działalności wydobywczej opłacalnej ekonomicznie bez pogarszania stanu środowiska.

LITERATURA

- [1] PISZCZYŃSKA K., *Poszukiwanie I rozpoznawanie niekonwencjonalnych złóż węglowodorów- stan pracy i działania Ministerstwa Środowiska*, Przegląd Geologiczny, 2012, vol. 61, nr 6, 334-337. 9.
- [2] MACUDA J., *Środowiskowe aspekty produkcji gazu ziemnego z niekonwencjonalnych złóż*, Przegląd geologiczny, 2010, vol. 58, nr 3, 266-270.
- [3] <http://www.bip.lublin.pl/um/index.php?id=478> z dn 2.01.2014.
- [4] ABBE E. O., GRIMES M. S, FOWLER D. G., BOCCACCINI R. A., *Novel sintered glass-ceramics from verified oil well drill cuttings*, Journal Material Science, 2009, vol. 60, 1.
- [5] ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z dnia 27 września 2001r. w sprawie katalogu odpadami (Dz. U. Nr 112 poz. 1206).
- [6] PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY, Państwowy Instytut Badawczy, *Badania aspektów środowiskowych procesu szczelinowania hydraulicznego wykonanego w otworze Lebień LE-2H*, Raport końcowy, 2012.
- [7] BANSAL, K.M., AND SUGIARTO M., "Exploration and Production Operations – Waste Management A Comparative Overview: US and Indonesia Cases," SPE54345, SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference, Jakarta, Indonesia, April 20-22, 1999.
- [8] STELIGA T., *Bioremediacja odpadów wiertniczych zanieczyszczonych substancjami ropopochodnymi ze starych dolów urobowych*, Prace Instytutu Nafty i Gazu Nr 163, INiG Kraków 2009, 30-40.
- [9] SEBASTIAN M., SZPADT R., *Zestawienie i stabilizacja odpadów przemysłowych*, Przegląd Komunalny, 2001, nr 12, 123-125.

- [10] PATENT 212941 z dnia 25.09.2009 r., Sposób utylizacji odpadów wiertniczych, Akademia Górniczo-Hutnicza Kraków PL, Twórcy: Brylicki W., Stryczek S., Gonet A., Małolepszy J., Jambrozik A., Czekaj L.
- [11] <http://web.ead.anl.gov/dwm/techdesc/thermal/index.cfm> z dn 2.01.2014.
- [12] BALL S. A., STEWART R. J., SCHLIEOHAKKE K., *A review of current options for the treatment and safe disposal of drill cuttings*, Waste Management & Research, 2012, vol. 30, nr. 5, 457-473.
- [13] ROBINSON J.P. KINGMAN S.W., SNAPE C.E., *Remediation of oil-contaminated drill cuttings using continuous microwave heating*, Chemical Engineering Journal, 2009, 152, 458-463.
- [14] <http://www.academicjournals.org/AJEST> z dn. 12.02.2014.
- [15] STELIGA T., *The use of biotests in estimation of weathered drilling waste bioremediation* Archives of Environmental Protection, 2011, 37, 61-79.
- [16] GONET A., *Metody przetwarzania organiczno-mineralnych odpadów wiertniczych w aspekcie ich zagospodarowania*, Wydział Wiertnictwa Nafty i Gazu Kraków 2006, 9-25.
- [17] KRIIPASLU M., MARQUES M., NAMMARI D.R., HOGLAND, 2007, *Biotreatment of oily sludge: the contribution of amendment material to the content of target contaminants and the biodegradation dynamics*, Journal of Hazardous Materials, 2007, vol. 148, 616-622.
- [18] TECHNICAL REPORT 2011-35, *Land farming of drilling wastes Impacts on soil biota within sandy soils in Taranaki (Year 1 of 3)*, ISSN: 0114-8184 Taranaki Regional Council Private Bag 713 Stratford October 2011.

THE TREATMENT AND SAFE DISPOSAL OF DRILL CUTTINGS FROM SHALE GAS EXPLORATION AND EXTRACTION

Exploration and exploitation of shale gas deposits produce a number of waste products, which are classified as mining waste. When it comes to wells drilling, unconventional gas deposits are associated with greater amount of drilling fluid and drill cuttings than conventional gas deposits.

The potential environmental impacts of contaminated fluids from drilling operations have attracted increasing community awareness and scrutiny. Variability in drill cuttings means that there is no standardized cutting composition formula that can be used in determining the toxicology and environmental impacts of the cuttings. The potentially dangerous substances in drill cuttings are: hydrocarbon, crude oil adsorbed on the cuttings, additives in the drilling mud and heavy metals.

Normal practice for the treatment of contaminated drill cuttings involves treatment using appropriate technology to reduce oil retention to the applicable regulatory limit, followed by either disposal to landfill. The amount of drilling cuttings indicates the need to use treatment technology. The essence of the modern waste management expresses the principle 3R i.e. reduce, reuse, recycle

This article presents current advances in treatment of drill cuttings. The problems with current technologies are cost, time and space requirements for residual waste. Given the specificity of undertakings related to prospecting for exploring and possible exploitation of gas from unconventional resources as well as the technology being currently applied one can say that waste management is one of the key elements in the exploitation process. Both the effectiveness of an activity pursued and its safety depend in a great measure on a rational waste management in the project that covers both quantitative and qualitative aspects. Taking actions which prevent any potential pollution and dedicated test monitoring constitutes an efficient tool that can guarantee safe exploitation.