

Artykuł pochodzi z archiwalnych zasobów firmy EKO-KONSULT sp. z o.o. 80-557 Gdańsk,  
ul. Narwicka 6.

Wszystkie prawa zastrzeżone.

Korzystanie za zgodą firmy EKO-KONSULT [biuro@ekokonsult.pl](mailto:biuro@ekokonsult.pl)



*Kwartalnik „Problemy Ocen Środowiskowych” wydawany cyklicznie w latach 1998 – 2012, przez EKO-KONSULT był jedynym wydawnictwem w Polsce, poświęconym wyłącznie ocenom środowiskowym planowanych inwestycji oraz strategicznym ocenom oddziaływania na środowisko. Dla praktyków OOŚ, ale również dla osób początkujących może nadal stanowić wartościowe źródło wiedzy np. w zakresie prezentowanych case study i przeglądu stosowanych metodyk - w tym kontekście znaczna część artykułów zachowuje sporo aktualności.*

---

Katarzyna Steczko

**Problematyka odpadów wiertniczych w ocenach oddziaływania na środowisko działalności związanej z poszukiwaniem na lądzie złóż surowców węglowodorowych**

## Wprowadzenie

Obowiązujący w Polsce system prawny kwalifikuje do inwestycji mogących pogorszyć stan środowiska między innymi inwestycje służące poszukiwaniu i wydobywaniu węglowodorów na lądzie. Działalność ta wiąże się z przeprowadzeniem wstępnego rozpoznania geologicznego, wykonaniem badań sejsmicznych oraz wierceniami poszukiwawczymi, a jeśli doprowadzą one do wykrycia nadających się do eksploatacji złóż i zapadnie decyzja o budowie kopalni także z odwierceniem otworów wydobywczych. Podczas wierceń prowadzonych metodą obrotową świder porusza się w środowisku cyrkulującej w otworze płuczki, która ma za zadanie:

- oczyszczanie dna otworu i świdra poprzez usuwanie i wynoszenie zwiercin;
- wywieranie na ściany otworu przeciwcisnienia uniemożliwiającego przepływ płynów złożowych;
- zapewnienie prawidłowego przebiegu wiercenia poprzez zapobieganie osypywaniu się ścian otworu lub tworzeniu się w nich wgłębień (kawern);
- stworzenie właściwych warunków pracy urządzeń przez przekazywanie świdrowi mocy hydraulicznej;
- chłodzenie i smarowanie świdra;
- zmniejszanie ciężaru przewodu wiertniczego i rur okładzinowych oraz zapobieganie ich korozji;
- tworzenie na ścianach otworu cienkiej, nieprzepuszczalnej warstwy osadu, która zapobiega migracji komponentów płuczki do skał strefy przyodwiertowej;
- utrzymanie zwiercin w stanie zawieszenia w przypadku przerwy w cyrkulacji płuczki w otworze.

Ze względu na wiele rozmaitych funkcji, które wypełnić musi, zwłaszcza przy głębszych wierceniach, płuczka wiertnicza, nie da się uniknąć komponowania jej z licznych składników [1-9]. Są to: minerały, otrzymywane syntetycznie związki chemiczne nieorganiczne (najczęściej wodorotlenki i sole), związki organiczne (wśród nich wiele polikondensatów i polimerów), a czasami także produkty odpadowe różnych procesów przemysłowych (np. pyły elektrowniane).

Zużyta płuczka i zwierciny w trakcie magazynowania przy wiertni rozdzielają się na fazę ciekłą czyli ściek wiertniczy i powstały wysokouwodniony odpad wiertniczy. Bardzo często są one likwidowane oddzielnie w sposób zależny od werdyktu dotyczącego ich składu i potencjalnego negatywnego wpływu na środowisko.

Skala zagrożeń związanych z zanieczyszczeniem wód w wyniku przedostawania się do nich ładunków chemicznych zawartych w odpadach wiertniczych zależy od:

- rodzaju przewiercanych formacji;
- rodzaju stosowanej płuczki;
- sposobu prowadzenia gospodarki wodno-ściekowej na wiertni;
- efektywności środków przedsięwziętych, by zapobiec kontaktowi materiałów stosowanych do sporządzenia płuczki i regulacji jej właściwości oraz ścieków i odpadów z elementami środowiska.

Gospodarka ściekami i odpadami wiertniczymi, które zawierają różnorodne, nierzadko znaczące ładunki chemiczne uwzględniać musi fakt, że ładunki te mogą przedostawać się do:

- wód powierzchniowych w wyniku zamierzonego, kontrolowanego odprowadzenia do cieków powierzchniowych ścieku wiertniczego, zwykle przynajmniej częściowo oczyszczonego;
- wód podziemnych zwłaszcza gruntowych na skutek zamierzonego odprowadzenia ścieku wiertniczego do ziemi np. podczas usuwania fazy ciekłej z nad odpadu wiertniczego lub podczas odwadniania odpadu wiertniczego przed likwidacją;
- wód podziemnych i gleby w przypadku niedostatecznego uszczelnienia zbiornika odpadów i ścieków wiertniczych zlokalizowanego w niekorzystnych warunkach geologicznych umożliwiających migrację zanieczyszczeń do warstw wodonośnych;
- wód podziemnych i gleby w wyniku wymycia substancji szkodliwych z odpadu wiertniczego zdeponowanego w ziemi i niedostatecznie izolowanego od elementów środowiska.

W artykule tym zostaną omówione pokrótce zagadnienia dotyczące odpadów i ścieków wiertniczych, a w szczególności:

- przyczyny i skutki ich szkodliwego wpływu na środowisko;
- metody przewidywania i ilościowej oceny ich szkodliwości;
- możliwości przeciwdziałania związanym z nimi zagrożeniami.

Jego treść rzuca więc światło na najistotniejsze, związane z gospodarką problemy, które należy brać pod uwagę przy sporządzaniu ocen oddziaływania prac wiertniczych na środowisko. Problemy te powinny znaleźć swoje miejsce w dokumentacji inwestora stanowiącej podstawę do wykonania oceny w stopniu szczegółowości adekwatnym do etapu zaawansowania prac projektowych i celu, któremu służyć ma ocena. Rozkład akcentów będzie więc inny wtedy, gdy ocena stanowi załącznik do wniosku o koncesję na poszukiwanie lub rozpoznawanie złóż węglowodorów na danym obszarze [10], inny w przypadku gdy chodzi o koncesję na wydobywanie kopalin węglowodorowych, inny w etapie starań o wydanie decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu dla planowanej inwestycji (konkretnego wiercenia poszukiwawczego lub budowy kopalni gazu i/lub ropy), inny gdy oceniany jest projekt inwestycji i wreszcie inny gdy chodzi o uzyskanie zgody na likwidację składowiska odpadów.

## **Gromadzenie i składowanie odpadów w okresie wiercenia**

W okresie prowadzenia prac wiertniczych wytwarzane odpady są składowane na terenie wiertni przy czym możliwe są dwa rozwiązania tj.:

- gromadzenie odpadów w ziemnym, odpowiednio izolowanym dole („dole urobkowym”) przy wiertni;
- gromadzenie odpadów w szczelnych zbiornikach.

Dół wykonuje się, o ile pozwalają na to warunki terenowe, wtedy gdy przewidywana jest likwidacja odpadu lub jego części „in situ”, choć nie jest również wykluczone wywiezienie całego zgromadzonego w nim odpadu na odpowiednie składowisko.

Zbiorniki (z reguły metalowe) stosuje się wtedy, gdy planowane jest wywożenie odpadu z terenu wiertni.

Dół urobkowy, który musi zostać wykonany w okresie przygotowywania terenu pod wiertnię, powinien być:

- odpowiednio usytuowany (by możliwe było bezawaryjne odprowadzanie do niego odpadu oraz dostęp sprzętu niezbędnego do przeprowadzenia likwidacji odpadu po zakończeniu wiercenia, a także by zachowana była bezpieczna (wynosząca co najmniej 0,5 m) odległość jego podstawy od zwierciadła wód podziemnych;
- na tyle pojemny, by po zgromadzeniu w nim całej planowanej ilości odpadu pozostała wolna pewna objętość rezerwowa (która może być też wykorzystana w razie awarii);
- obwałowany w sposób uniemożliwiający przedostanie się jego zawartości do środowiska;
- szczelny, by nie przenikały z niego do gleby i wód podziemnych mobilne zanieczyszczenia;
- skonstruowany w taki sposób, by możliwe było odrębne gromadzenie odpadów bezpiecznych dla środowiska i charakteryzujących się dużą zawartością zanieczyszczeń.

Rodzaj uszczelnienia dołu urobkowego należy wybrać w oparciu o znajomość budowy geologicznej i hydrogeologicznej terenu, w którym dół ma być zlokalizowany oraz prognozę dotyczącą szkodliwości odpadu, który będzie w nim gromadzony.

W przypadku lokalizacji dołu w nieprzepuszczalnym terenie (o przepuszczalności mniejszej niż  $10^{-7}$  cm/s), dopuszczano dotychczas wykorzystanie w charakterze izolacji naturalnych właściwości podłoża. Takie podejście stosować należy jednak z bardzo dużą ostrożnością po wnikliwej ekspertyzie geologicznej (która potwierdzi jednorodność, stabilność i dużą miąższość warstw nieprzepuszczalnych) oraz w przypadku, gdy przewidywana szkodliwość odpadu będzie niewielka.

Iłowanie powierzchni wewnętrznej dołu, jeden z częściej stosowanych wcześniej sposobów uszczelniania, zapobiega migracji zanieczyszczeń z odpadu do środowiska i jest zabiegiem stosunkowo mało kosztownym, ale uszczelnienie iłowe jest łatwe do uszkodzenia i nie zawsze udaje się nałożyć je dobrze na strome ściany boczne dołu urobkowego.

Zarówno w przypadku, gdy nie prowadzi się uszczelnienia, jak i w przypadku, gdy stosuje się iłowanie bierze się pod uwagę to, że odpady wiertnicze zawierające materiały ilaste po pewnym czasie samoczynnie wytworzą na powierzchni wewnętrznej dołu warstwę izolującą czyli spowodują doszczelnienie składowiska.

Lokalizacja dołu w terenie o dużej przepuszczalności, bliskość zwierciadła wód podziemnych i/lub przewidywanie dużej szkodliwości odpadu są przesłankami do zastosowania najefektywniejszych, ale zarazem najdroższych uszczelnień jakimi są geomembrany z polietylenu o wysokiej gęstości (HDPE). Charakteryzują się one bardzo niską przepuszczalnością, korzystnymi parametrami wytrzymałościowymi, elastycznością, odpornością na zmiany temperatury i czynniki chemiczne. Zwiększenie grubości wykładziny (które na ogół mieści się w zakresie od 1 do 3 mm) powoduje podwyższenie wytrzymałości i zmniejszenie przepuszczalności, ale równocześnie znaczne podniesienie ceny. Zastosowanie geomembran wymaga ponadto bardzo starannego przygotowania powierzchni, na którą mają być nałożone.

## **Zagrożenia środowiska powodowane przez ścieki wiertnicze**

Aby ocenić zagrożenia wód spowodowane ich zanieczyszczeniem składnikami ścieków wiertniczych znać trzeba skład tych ścieków, ich ilość (przynajmniej w przybliżeniu), przewidziany reżim zrzutu oraz stopień zanieczyszczenia, stan i natężenie przepływu wód w cieku powierzchniowym stanowiącym odbiornik ścieków.

Liczne badania ścieków wiertniczych wskazują, że głównymi ich składnikami stwarzającymi zagrożenia dla wód są jony chlorkowe, reduktory organiczne, substancje tworzące trudnoopadające zawiesiny. Tezę tę ilustrują wyniki przeprowadzonych w ostatnich latach analiz ścieków wiertniczych [11,12,7,13] zestawione w tabl.1.

**Tablica 1. Wartości parametrów charakteryzujących jakość ścieków wiertniczych**

Wskaźnik	Ilość przebadanych prób ścieków	Zakres zmienności wskaźników	Najwyższa dopuszczalna wartość wskaźników zanieczyszczeń dla ścieków wprowadzanych do wód i do ziemi	Ilość prób ścieków w dopuszczalnym zakresie	Ilość prób ścieków powyżej dopuszczalnego zakresu
pH	41	4,1 - 11,5	6,5 - 9,0	32	9
Substancje rozpuszczone [mg/dm <sup>3</sup> ]	63	1 055 - 159 225	2 000	1	62
Zawiesina ogólna [mg/dm <sup>3</sup> ]	63	0 - 130 925	50	6	57
ChZT <sub>(Cr)</sub> [mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> ]	66	426 - 27 836	150	0	66
Substancje ekstrahujące się chloroformem [mg/dm <sup>3</sup> ]	42	18 - 768	50	14	28
Fenole lotne [mg/dm <sup>3</sup> ]	16	0 - 0,12	0,5	16	0
Chlorki [mg/dm <sup>3</sup> ]	67	221 - 84 200	1 000	2	65
Siarczany [mg/dm <sup>3</sup> ]	58	2,4 - 6 785	500	37	21
Chlorki + siarczany [mg/dm <sup>3</sup> ]	54	972 - 84 955	35 000*	51	3
Sód [mg/dm <sup>3</sup> ]	16	2 175 - 58 750	800	0	16
Potas [mg/dm <sup>3</sup> ]	16	20 - 5 623	80	2	14
Twardość ogólna [mval/dm <sup>3</sup> ]	53	0 - 138	70	48	5

\* Do śródlądowych wód płynących nie mogą być wprowadzane wody zasolone, jeżeli ich zasolenie przekracza wartość 35 000 mg/dm<sup>3</sup> w odniesieniu do sumy chlorków i siarczanów

Zdecydowanie niewystarczające są na ogół proste zabiegi oczyszczania ścieków polegające na przepuszczaniu ich przez specjalne materiały filtrujące lub sorpcyjne, a ponadto w wielu przypadkach nie należy liczyć na zmniejszenie zawartości zanieczyszczeń (zawiesiny i reduktorów organicznych) w procesach samooczyszczania gdyż:

- zawiesina o wysokim stopniu dyspersji charakteryzuje się znaczną trwałością dzięki dodatkom, które wprowadzano do płuczki specjalnie w tym celu, by zapewnić jej odpowiednie właściwości koloidalne;
- procesy biodegradacji są zahamowane w wyniku obecności biocydów, które stosuje się by powstrzymać rozkład preparatów (np. skrobiowych, celulozowych), służących do sporządzania płuczki;
- w wyniku wysokiego zasolenia oraz obecności biocydów flora bakteryjna w odpadach i ściekach wiertniczych jest uboga i zawiera głównie mikroorganizmy beztlenowe, mało aktywne w rozkładzie związków organicznych.

Osobny problem stanowią ścieki wysoko zasolone, których nie można odprowadzić do wód powierzchniowych ani ziemi ze względu na zbyt wysokie stężenie soli. Ścieków tych nie są z reguły w stanie przyjąć oczyszczalnie, gdyż mogłyby stanowić poważne zagrożenie dla osadu czynnego i trudno jest na razie uzyskać pozwolenie na ich zatłoczenie do górotworu,

gdyż prawo stwarza tu bariery związane z koniecznością ochrony wód podziemnych. Składowanie tych ścieków w izolowanych geomembraną i pozostających pod stałą kontrolą składowiskach lokalizowanych na nieużytkach ciągle jeszcze stanowi w pewnych przypadkach jedyne, choć niezbyt korzystne z punktu widzenia ochrony środowiska rozwiązanie problemu.

Jest rzeczą oczywistą, że wszędzie tam gdzie jest to możliwe, należy unikać odprowadzania ścieków wiertniczych do wód lub do ziemi likwidując je np. w pobliskich oczyszczalniach, a ponadto dążyć trzeba do minimalizacji ich ilości i szkodliwości poprzez:

- stosowanie efektywnych systemów oczyszczania płuczki;
- oszczędną gospodarkę płuczka;
- sporządzanie płuczki z komponentów o możliwie niskiej szkodliwości dla środowiska;
- oszczędną gospodarkę wodą;
- oczyszczanie ścieków poprzez koagulację, flokulację i natlenianie prowadzone w dole urobkowym lub w zainstalowanej przy wiertni oczyszczalni polowej;
- powtórne wykorzystywanie oczyszczonych ścieków do sporządzania płuczki.

Zastosowanie się do tych zaleceń nie wszędzie i nie zawsze będzie wykonalne i celowe ze względu na lokalizację wiertni, skład i ilość ścieków lub brak możliwości technicznych dla przeprowadzenia zabiegów oczyszczania. Ponadto przeszkodą jest często brak przekonania obsługi do zagospodarowania ścieku w procesach przygotowywania płuczki oraz czynniki ekonomiczne skłaniające do ograniczenia nakładów na ochronę środowiska. Szkolenia ekologiczne załogi, starania o przyznanie najważniejszym działaniom proekologicznym w zakresie oczyszczania ścieków odpowiedniej rangi (lub wręcz priorytetu) oraz przełamywanie barier zwyczajowych lub prawnych po to, by w uzasadnionych przypadkach możliwe było zatłaczanie ścieków do górotworu są ważnymi elementami polityki proekologicznej górnictwa nafty i gazu.

## **Zagrożenia środowiska powodowane przez odpady wiertnicze**

Zagrożenie środowiska przez skażenie wód podziemnych zanieczyszczeniami migrującymi do nich ze źle uszczelnionych składowisk odpadów wiertniczych staje się obecnie coraz łatwiejsze do uniknięcia gdyż:

- wiele wierceń prowadzi się bez dołów urobkowych;
- dostępne są trwałe, odporne mechanicznie uszczelnienia bardzo efektywnie izolujące odpad od środowiska;
- czas trwania wiercenia, a tym samym czas składowania odpadów i ścieków wiertniczych w dole urobkowym jest relatywnie krótki;
- odpady zawierają często znacznie mniejsze niż dawniej oraz mniej szkodliwe dla środowiska ładunki chemiczne (np. nie są obecnie skażone  $Cr^{+6}$  czy fenolami) gdyż wycofano wiele stosowanych poprzednio komponentów płuczek i zastosowano powszechnie systemy oczyszczania płuczki;
- coraz częstsze jest monitorowanie czystości wód podziemnych w sąsiedztwie składowiska.

O tym jak dalece istotne mogą być te zagrożenia decydują:

- \* charakterystyka odpadu (rodzaj i wielkość zawartych w nim ładunków chemicznych);
- \* rodzaj uszczelnienia (przepuszczalność, odporność na uszkodzenia, staranność wykonania);
- \* przepuszczalność warstw w sąsiedztwie składowiska oraz głębokość zwierciadła wód podziemnych.

W Polsce od kilku lat prowadzone są systematycznie badania odpadów wiertniczych dostarczając danych umożliwiających charakterystykę odpadów [14-19,7,13]. Ich wyniki zestawione zbiorczo w tabl.2 świadczą, że potencjalna szkodliwość odpadów dla środowiska jest bardzo zróżnicowana oraz, że mobilnymi w środowisku zanieczyszczeniami zawartymi w odpadach mogą być głównie reduktory organiczne oraz jony soli (zazwyczaj sodowe i chlorkowe). Zawartość ropopochodnych w odpadach jest obecnie niewielka, a metale są w nich obecne w postaci trudnorozpuszczalnych związków i nie przechodzą do ekstraktów wodnych. W przypadku odpadów niezasolonych zagrożenia środowiska, które wynikają z migracji zanieczyszczeń z gromadzonych przy wiertniach odpadów są więc niewielkie, natomiast w przypadku odpadów zasolonych (których w kraju powstaje coraz więcej ze względu na większą intensywność prac na obszarach Niżu Polskiego, gdzie zalegają złoża soli cechsztyńskich) są one poważniejsze i muszą być brane pod uwagę przy podejmowaniu decyzji o sposobie prowadzenia gospodarki odpadem.

**Tablica 2. Zbiorcze zestawienie wartości parametrów charakteryzujących odpady wiertnicze**

Wskaźnik		Zakres zmienności wskaźnika	
Zawartość wilgoci w odpadzie		%	9,6 - 75,7
Zawartość substancji ekstrahujących się eterem naftowym/chloroformem w odpadzie		mg/kg	144 - 13 537
Zawartość toksycznych metali ciężkich w odpadzie (w stanie roboczym)	Cr	mg/kg	16 - 67
	Pb		0 - 108
	Cd		0 - 1,4
	Cu		0 - 41
	Zn		109 - 665
	As		0
	Hg		0
	Mn		109 - 1 342
Zawartość żelaza w odpadzie		mg/kg	6 275 - 313 630
pH ekstraktu wodnego odpadu (1:10)			6,5 - 11,0
Przewodnictwo właściwe ekstraktu wodnego odpadu (1:10)		mS/cm	0,33 - 22,4
ChZT <sub>(Cr)</sub> ekstraktu wodnego odpadu (1:10)		mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	122 - 3 892
Zawartość reduktorów możliwych do wyekstrahowania z odpadu		mg O <sub>2</sub> /kg	1 220 - 38 920
Zawartość fenoli lotnych w ekstrakcie wodnym odpadu (1:10)		mg/dm <sup>3</sup>	0 - 0,13
Zawartość fenoli lotnych możliwa do wyekstrahowania z odpadu		mg/kg	0 - 1,3
Sucha pozostałość w ekstrakcie wodnym odpadu (1:10)		mg/dm <sup>3</sup>	1 130 - 35 888
Zawartość w odpadzie substancji rozpuszczalnych i zdolnych do tworzenia trudno opadających zawiesin		mg/kg	11 300 - 358 880
Zawartość jonów Cl <sup>-</sup> w ekstrakcie wodnym odpadu (1:10)		mg/dm <sup>3</sup>	38 - 7 770
Zawartość jonów Cl <sup>-</sup> możliwych do wyekstrahowania z odpadu		mg/kg	380 - 77 700
Zawartość jonów SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> w ekstrakcie wodnym odpadu (1:10)		mg/dm <sup>3</sup>	0 - 1 015
Zawartość jonów SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> możliwych do wyekstrahowania z odpadu		mg/kg	0 - 10 150
Zawartość jonów Na <sup>+</sup> w ekstrakcie wodnym odpadu (1:10)		mg/dm <sup>3</sup>	35 - 6 111
Zawartość jonów Na <sup>+</sup> możliwych do wyekstrahowania z odpadu		mg/kg	350 - 61 110
Zawartość jonów K <sup>+</sup> w ekstrakcie wodnym odpadu (1:10)		mg/dm <sup>3</sup>	5,5 - 816
Zawartość jonów K <sup>+</sup> możliwych do wyekstrahowania z odpadu		mg/kg	55 - 8 160
Twardość ogólna ekstraktu wodnego odpadu (1:10)		mval/dm <sup>3</sup>	0 - 22,2
Zawartość jonów Ca <sup>++</sup> i Mg <sup>++</sup> możliwych do wyekstrahowania z odpadu		mval/kg	0 - 222
Zawartość toksycznych metali ciężkich w ekstrakcie wodnym odpadu (1:10)	Cr	mg/dm <sup>3</sup>	0 - 0,12
	Pb		0 - 0,13
	Cd		0
	Cu		0 - 0,08
	Zn		0 - 1,37
	Mn		0 - 1,25
Zawartość toksycznych metali ciężkich możliwych do	Cr	mg/kg	0 - 1,2

wyekstrahowania z odpadu	Pb	0 - 1,3
	Cu	0 - 0,8
	Zn	0 - 13,7
	Mn	0 - 12,5
Zawartość żelaza w ekstrakcie wodnym odpadu (1:10)	mg/dm <sup>3</sup>	1,4 - 15,7
Zawartość żelaza możliwa do wyekstrahowania z odpadu	mg/kg	14 - 157

Minimalizację ilości i obniżanie stopnia szkodliwości odpadów uznać należy za priorytetowe działania związane z ochroną środowiska podczas prowadzenia wierceń poszukiwawczych.

Realizacji tego celu służą:

- efektywne operacje oczyszczania płuczki,
- oszczędna gospodarka płuczką,
- oszczędna gospodarka wodą,
- odrębne składowanie pochodzących z danego wiercenia odpadów o różnym stopniu szkodliwości.

Głębokie oczyszczanie płuczki jest obecnie stałym elementem praktyki wiertniczej. Przedsiębiorstwa wiertnicze dysponują nowoczesnym sprzętem (takim jak sita wibracyjne linearne i piętrowe, odpiaszczacze, odmulacze, wirówki, mieszalniki, stacje flokulacyjne i degazatory), który umożliwia powtórne wykorzystanie znacznej części płuczki. W efekcie w odpadach coraz większy udział mają zwierciny i ilość odpadów tworzących się na 1 mb wiercenia odpadów (szacowana do niedawna w granicach 0,5 m<sup>3</sup> do 1 m<sup>3</sup>) uległa znacznemu obniżeniu.

Oszczędna gospodarka płuczką polega na:

- maksymalnym jej wykorzystaniu w procesie wiercenia, dla celów którego została sporządzona dzięki operacjom oczyszczania;
- wykorzystaniu płuczki, która spełniła już swoją rolę w wierceniu danego otworu na innej wierni;
- wykorzystaniu zapasu sporządzonej płuczki (który musi być przygotowany na wypadek ucieczki płuczki podczas wiercenia) w wierceniu następnych otworów.

Bardzo duże znaczenie dla minimalizacji ilości odpadów szkodliwych ma zasada segregacji odpadów. W odniesieniu do odpadów wiertniczych polega ona na osobnym gromadzeniu odpadu wytworzonego w początkowej fazie wiercenia (zwykle do głębokości około 1 000 m), gdy stosuje się płuczkę o niewielkim stopniu szkodliwości oraz odpadu o znacznej szkodliwości dla środowiska, tworzonego w fazie wiercenia, w której stosuje się płuczki wysoko zasolone lub silnie obciążone. Rozwiązania służące realizacji tego celu to znane i coraz częściej stosowane w krajowej praktyce wiertniczej sekcyjne doły urobkowe lub też gromadzenie odpadów o dużej szkodliwości w zbiornikach. Korzyści ekologiczne polegają na możliwości bezproblemowej likwidacji „in situ” tej części odpadu, która zawiera praktycznie tylko naturalnie występujące w przyrodzie minerały ilaste i zwierciny, a więc nie może wywierać negatywnego wpływu na środowisko oraz na znaczącym zmniejszeniu ilości odpadu, który musi być izolowany od elementów środowiska.

Kolejny, trudniejszy w realizacji, krok na drodze minimalizacji ilości odpadów o znacznym stopniu szkodliwości polega na przeprowadzeniu operacji określonych mianem „mycia zwiercin”; operacje te powodują obniżenie szkodliwości odpadu w wyniku pozbawienia ładunków chemicznych mogących wywierać niekorzystny wpływ na środowisko. W chwili obecnej w krajowej praktyce wiertniczej nie stosuje się rozwiązań tego typu, ale zakończone



zostały obszerne, sfinansowane przez przemysł prace badawcze, w ramach których przetestowano metodę odsalania odpadów wiertniczych poprzez ekstrakcję wodą w przeciwnym kierunku w skali laboratoryjnej i ćwierćtechnicznej [7].

## Likwidacja odpadów wiertniczych

Sposób składowania odpadów po zakończeniu wiercenia zależy głównie od stopnia ich szkodliwości dla środowiska:

- odpady pozbawione szkodliwych ładunków chemicznych, czyli w pełni bezpieczne dla środowiska, zagospodarowywać można przez rozproszanie na terenach przeznaczonych pod uprawy [20]; ten sposób zagospodarowania odpadów mogący w pewnych przypadkach poprawić właściwości gleby nie jest w Polsce stosowany, mimo, że dobrze opracowane są metody oceny stopnia szkodliwości odpadu; przełamanie barier nieufności społecznej wymagało będzie prawdopodobnie zastosowania odpowiedniego systemu zachęt;
- odpady o niewielkiej szkodliwości dla środowiska można deponować po odwodnieniu w glebie, pod przynajmniej około 0,5 m warstwą nadkładu i przy zachowaniu odpowiedniej odległości od zwierciadła wód podziemnych; dzięki temu nie będą one pozostawały w kontakcie z korzeniami traw i roślin uprawnych i nie będą wpływały negatywnie na plonowanie;
- odpady wysoko uwodnione lub zawierające nieco większe ładunki chemiczne deponować można w glebie dopiero po zestaleniu („solidyfikacji”), by zapobiec migracji zanieczyszczeń do środowiska oraz uniknąć zapadania się powierzchni składowiska;
- odpady zawierające duże, niekorzystne dla środowiska i mobilne w nim mimo zestalenia, ładunki chemiczne muszą być wywożone na specjalnie wyznaczone i przygotowane składowiska; rzadko udaje się wykorzystać w tym celu składowiska przeznaczone dla odpadów komunalnych lub innych odpadów przemysłowych i na ogół buduje się specjalne składowiska zbiorcze zlokalizowane na nieużytkach, odpowiednio zabezpieczone i pozostające pod nadzorem połączonym z monitoringiem stanu środowiska (głównie wód gruntowych) w sąsiedztwie składowiska; likwidacja takich składowisk odpadów następcza ciągle duże trudności, choć niewątpliwie osiągnięto znaczny postęp w tej dziedzinie.

Zestalenie (solidyfikacja) odpadów wiertniczych przyczynia się do zwiększenia bezpieczeństwa składowania tych odpadów w środowisku w wyniku zmiany ich właściwości fizycznych i ograniczenia mobilności zawartych w nich zanieczyszczeń. Zabieg ten polega na wymieszaniu odpadu ze środkami wiążącymi wodę (zwykle gipsem lub cementem) oraz dodaniu rozpuszczalnych krzemianów (często w postaci roztworu znanego pod nazwą „szkło wodne”), które powodują zespolenie pakietów minerałów ilastych. Dzięki zestaleniu odpad traci koloidalną, żelową strukturę nadaną przez strukturotwórcze komponenty płuczki wiertniczej (np. materiały ilaste, pochodne skrobi, pochodne celulozy) i zażegnane zostaje niebezpieczeństwo tiksotropii czyli gwałtownej utraty struktury żelowej pod wpływem oddziaływań mechanicznych. Tak więc wyeliminowane zostaje zagrożenie polegające na utworzeniu się nad składowiskiem odpadu zapadliska, w którym mógłby ugrzęznąć ciężki sprzęt rolniczy lub bydło.

Dla uzyskania dobrych rezultatów zestalenia odpadów w warunkach terenowych konieczne jest staranne wymieszanie odpadu i środków zestalających. Po przeprowadzeniu operacji korzystne jest wykonanie testów (chemicznych i geotechnicznych), potwierdzających efektywność zabiegu, który jak wykazały przeprowadzone badania [39] powoduje zatrzymanie w utwardzonej strukturze odpadu od 50% do 90% obecnych w nim reduktorów, od 40% do 80% ropopochodnych oraz drastycznie obniża zdolność do tworzenia zawiesiny,

natomiast nie zapobiega wymywaniu z odpadu jonów chlorkowych, a więc nie może być jedynym sposobem przygotowania odpadów zasolonych do składowania w środowisku.

## Prognozowanie i ocena szkodliwości odpadów wiertniczych

Wybór odpowiedniej metody likwidacji odpadu wiertniczego musi być oparty na wnikliwej ocenie jego potencjalnej szkodliwości dla środowiska. Szczególną ostrożność zachować należy zwłaszcza w przypadku, gdy odpad ma być zdeponowany w środowisku pod warstwą gleby, gdyż możliwe jest wówczas wymywanie z niego zanieczyszczeń i skażenie (zamulenie, zasolenie, zaolejenie) wód podziemnych. Zjawiska takie, znane w praktyce wiertniczej, wystąpić mogą po wielu latach od chwili likwidacji składowiska odpadów powodując trudne do usunięcia szkody ekologiczne. Z drugiej strony należy podkreślić, że likwidowanie odpadów w miejscach ich powstawania stanowi jedną z podstawowych zasad współcześnie lansowanej gospodarki odpadami i powinno być stosowane wszędzie tam, gdzie jest to możliwe i bezpieczne dla środowiska, a więc gdzie właściwości odpadu i środowiska nie stanowią przeciwwskazań dla takiego postępowania.

Aby uniknąć zagrożeń związanych ze składowaniem odpadu w środowisku pod warstwą gleby należy:

- zapewnić pobranie do badań przed likwidacją reprezentatywnej próby odpadu;
- zaplanować zakres i metodykę badań tak, by uzyskać wiarygodne wyniki mimo niejednorodności odpadu i trudności analitycznych jakie wielokrotnie powoduje obecność wieloskładnikowej matrycy;
- wybrać prawidłowy sposób likwidacji odpadu dokonując w razie potrzeby zestalenia odpadu w sposób, który zapewni dobrą efektywność tego zabiegu.

Werdykty dotyczące szkodliwości dla środowiska odpadów wiertniczych z wierceń prowadzonych na lądzie formułuje się z reguły w oparciu o wyniki badań chemicznych [21,22,4,23-25]. Na uwagę zasługuje tu wprowadzona i stosowana od kilku lat w Polsce metoda określania potencjalnej szkodliwości dla środowiska materiałów wiertniczych opracowana w Instytucie Górnictwa Naftowego i Gazownictwa [16,17,5,7].

Wytypowany w niej zestaw parametrów testowych obejmuje zawartość:

- toksycznych metali ciężkich - Cr, Pb, Cu, Cd, Zn, (Hg, As);
- metali o umiarkowanej szkodliwości - Fe, Mn;
- anionów chlorkowych;
- fenoli;
- substancji rozpuszczalnych bądź tworzących drobno zdyspergowaną trudno opadającą zawiesinę;
- olejów i smarów;
- substancji powierzchniowo czynnych;
- reduktorów;

a więc uwzględnia te czynniki i składniki, które wywierać mogą:

- niekorzystny wpływ na funkcjonowanie organizmów żywych (denaturację białka, usuwanie naturalnych wydzielin, zatykanie porów);
- zmiany siły jonowej roztworów;
- impregnację gleby;
- zanieczyszczenie wód substancjami rozpuszczonymi;
- zamulenie wód;
- nadmierne zużycie tlenu w środowisku.

Interpretacja wyników polega na przypisaniu każdemu z czynników szkodliwych  $j$  tzw. współczynnika szkodliwości  $W_j$ . Współczynnik ten charakteryzuje szkody ekologiczne związane ze zrzutem 1 000 g czynnika szkodliwego do środowiska i określony został w oparciu o wartości kar naliczonych za zrzut 1 000 g czynnika szkodliwego, a więc przy przyjęciu założenia, że relacje między wysokościami kar odpowiadają relacjom między niekorzystnymi oddziaływaniami czynników na ekosystemy. Zaletą takiej interpretacji wyników badań jest jej spójność z obowiązującymi w kraju uregulowaniami prawnymi.

Współczynniki szkodliwości odpowiadające wybranym parametrom wynoszą:

- 120 000 - dla metali ciężkich o dużej szkodliwości (Pb, Cr, Cd, Hg, As, Cu, Zn);
- 12 000 - dla manganu (Mn);
- 3 000 - dla żelaza (Fe);
- 5 000 - dla olejów i smarów;
- 6 000 - dla substancji powierzchniowo czynnych,
- 3 000 - dla reduktorów, którym odpowiada wartość chemicznego zapotrzebowania tlenu ( $ChZT_{(Cr)}$ ) wynosząca 1 000 g/dm<sup>3</sup>;
- 1 500 - dla substancji rozpuszczalnych bądź tworzących trudno opadające zawiesiny;
- 1 500 - dla jonów chlorkowych;
- 15 000 - dla fenoli.

Globalny potencjalny szkodliwy wpływ odpadu wiertniczego na środowisko przyrodnicze ocenia się obliczając tzw. stopień szkodliwości równy sumie iloczynów stężeń czynników szkodliwych  $C_j$  i odpowiadających im współczynników szkodliwości  $W_j$ .

Przykładowe wyniki badań oraz oparte na nich oceny szkodliwości dla pięciu różnych odpadów wiertniczych podano w tabelicy 3; zawarte w niej dane stanowią dobrą ilustrację różnic potencjalnej szkodliwości odpadów wiertniczych dla środowiska i świadczą o tym jak ważne jest by decyzję o sposobie likwidacji odpadu podejmować w oparciu o możliwie pełną wiedzę o jego składzie i właściwościach.

**Tabela 3. Przykładowe wyniki badań i oceny szkodliwości odpadów wiertniczych**

(w nawiasach podano głębokość wiercenia [m])

Rodzaj czynnika szkodliwego	Zawartość czynników szkodliwych w odpadzie [mg/kg]					Wkład czynników szkodliwych w stopień szkodliwości odpadu [pkt]				
	1 (3 400)	2 (2 250)	3 (3 200)	4 (3 204)	5 (3 729)	1 (3 400)	2 (2 250)	3 (3 200)	4 (3 204)	5 (3 729)
Metale ciężkie (Cr, Pb, Cd, Cu, Zn)	210	250	192	85	675					
Mangan (Mn)	315	430	140	306	264	100	81	59	40	125
Żelazo (Fe)	23 629	15 304	11 280	8 530	13 665					
Oleje i smary	394	984	316	2 932	4 496	2	5	2	15	22
Substancje rozpuszczalne	112 700	18 800	64 850	6 650	13 000	169	28	98	10	20
Jony chlorkowe	57 670	3 660	36 620	880	4 060	87	5	55	1	6
Reduktory, którym odpowiada wartość chemicznego zapotrzebowania tlenu ( $ChZT_{Cr}$ ) wynosząca gO <sub>2</sub> /kg	4 250	21060	3 740	12 300	42 750	13	63	11	37	128
Składniki tworzące trudno rozpuszczalne zawiesiny	4 900	89 350	2 300	41 100	84 300	7	134	3	62	126
<b>Stopień szkodliwości odpadu <math>St_{(p)}</math> [pkt]</b>	<b>378</b>	<b>316</b>	<b>228</b>	<b>165</b>	<b>427</b>					

Ważnym elementem umożliwiającym zapobieganie zagrożeniom jest umiejętność prognozowania toksyczności odpadu wiertniczego tworzącego się podczas wiercenia - pozwala to ocenić zasadność odrębnego składowania odpadów z różnych faz wiercenia i potrzebę stałego monitorowania czystości wód podziemnych w sąsiedztwie składowiska oraz daje podstawy do prawidłowego dobrania sposobu izolacji odpadu od środowiska podczas wiercenia i do wytypowania metody likwidacji odpadu po skończeniu wiercenia. Nie powiodły się dotychczas próby oparcia prognozy o wyniki testów biologicznych dla komponentów płuczki. W Polsce trwają prace nad opracowaniem metody prognozowania potencjalnej szkodliwości płuczki i odpadu wiertniczego w oparciu o przewidywane zużycie materiałów w procesie wiercenia lub o planowany skład płuczki wiertniczej [26,7,27]. Polegają one na systematycznym badaniu pobieranego w kolejnych fazach wiercenia odpadu i określaniu jego szkodliwości oraz konfrontowaniu jej z wynikami obliczeń bazujących na założeniu o addytywności wkładów pochodzących z użytych materiałów wiertniczych w celu wyznaczenia współczynników korelacyjnych. Osiągnięte dotychczas wyniki pozwalają, w wielu przypadkach, na opracowanie prognozy, której niepewność mieści się w granicach od 20% do 30%.

**Dr Katarzyna Steczko,**  
Instytut Górnictwa Naftowego i Gazownictwa,  
Kraków

## Literatura

1. Raczkowski J.: *Technologia płuczek wiertniczych*. Wydawnictwo „Śląsk”, Katowice 1981.
2. Raczkowski J., Półchłopek T.: *Materiały i środki chemiczne do sporządzania płuczek wiertniczych*. Prace Instytutu Górnictwa Naftowego i Gazownictwa nr 95, IGNiG Kraków 1998.
3. *Podręcznik inżynierii płuczek wiertniczych*. M-I Drilling Fluids L.L.C 1996, Kraków 1996.
4. Environmental Guidance Document: *Waste Management in Exploration and Production Operations*. API E 5, Second Edition, 1997.
5. Krasieńska A., Kusina E., Steczko K., Wielowieyska B.: *Ocena szkodliwosci materiałów do sporządzania płuczek wiertniczych*. *Nafta-Gaz*, L, 2, 71 -77, (1994).
6. Steczko K., Kusina E., Pałkowska H., Wielowieyska B.: *Wpływ materiałów płuczkowych na toksyczność płuczek wiertniczych*. *Nafta-Gaz*, LI, 12, 497-506 (1995).
7. Steczko K. i in.: *Prace zmierzające do ograniczenia szkodliwego wpływu odpadów wiertniczych na środowisko przyrodnicze*. Raport Instytutu Górnictwa Naftowego i Gazownictwa, Etap I (1992), Etap II (1994), Etap III (1997), Kraków.
8. Raczkowski J., Steczko K.: *Ekologiczna ocena materiałów płuczkowych, płuczek i odpadów wiertniczych*. VIII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Nowe Metody i Technologie w Geologii Naftowej, Wiertnictwie, Eksploatacji Otworowej i Gazownictwie”, 269-280, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków 1997.
9. „*Bulletin on the Generic Hazardous Chemical Category List and Inventory for the Oil and Gas Exploration and Production Industry*”, Bul E1, Second Edition, 1990.
10. MOŚZNIŁ: *Wytyczne do sporządzania ocen oddziaływania na środowisko dla potrzeb koncesjonowania*. Redakcja: Sikorska-Maykowska M., Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 1998.
11. Raczkowski J., Steczko K.: *Elementy strategii ochrony środowiska*. *Mag. Pol. Gaz i Nafta*, 4, 17-19 (1996).
12. Krasieńska A., Raczkowski J., Steczko K.: *Elementy strategii ochrony środowiska w branży górnictwa ropy i gazu na przykładzie ochrony wód*. XXXIV Zjazd Gazowników Polskich, Mikołajki, 1996.
13. Steczko K. i in.: *Strategia i działania ograniczające ładunki zanieczyszczeń w przemyśle górnictwa ropy i gazu*. Raport Instytutu Górnictwa Naftowego i Gazownictwa z realizacji zadania 5E Projektu Badawczego Zamawianego PBZ-28-02 „Strategia ochrony zasobów wodnych przed zanieczyszczeniem z punktu widzenia ochrony zdrowia i przyrody oraz potrzeb gospodarczych”, Kraków 1995.
14. Steczko K., Piwowarczyk J.: *Odpady wiertnicze jako źródło zagrożeń dla środowiska*. *Nafta*, XLVII, 4-6, 55-59 (1991).
15. Steczko K., Pałkowska H., Piwowarczyk J., Zaleska-Bartosz J.: *Problematyka badań odpadów wiertniczych z dołów urobkowych pod kątem zagrożeń jakie stwarzają one dla środowiska*. *Nafta*, XLVII, 10 -12, 175-179 (1991).
16. Raczkowski J., Steczko K., Iwasyk Z., Kusina E.: *Wysokozasolone odpady z poszukiwawczych prac wiertniczych - ocena ich toksyczności dla środowiska oraz propozycje działań na rzecz ograniczenia związanych z nimi zagrożeń*. Materiały Zjazdu Naukowego PT Chem., zeszyt 2, VIII-R4,15, Kraków 1991.

17. Steczko K.: *Ocena zagrożeń środowiska powodowanych przez odpady wiertnicze*. Międzynarodowe Sympozjum Szkoleniowe: „Nadzwyczajne zagrożenia i ryzyko w środowisku”, Arka Konsorcjum s.c., Poznań 1994.
18. Steczko K., Hajdus D., Iwasyk Z., Rachwalski J.: *Ocena toksycznych odpadów wiertniczych*. *Nafta-Gaz*, L, 4, 154 -160 (1994).
19. Rachwalski J., Steczko K., Krasińska A.: *Ocena efektywności procesu zestalania odpadów wiertniczych w ograniczaniu ich toksyczności dla środowiska na podstawie badań w układach modelowych*. *Nafta-Gaz*, L, 11, 501- 508 (1994).
20. Reis J.C.: *Environmental Control in Petroleum Engineering*. Gulf Publishing Company, Houston 1996.
21. Jones F.V., Moffitt C.M., Leuterman A. J.: *Drilling Fluids Disposal Regulations. A Critical Review*. *Drilling*, 48, 2, 20-24 (1987).
22. Arscott R.L.: *New Directions in Environmental Protection in Oil and Gas Operations*. *J. Petrol. Technol.*, 41, 4, 336-342 (1989).
23. Nesbit L.E., Sanders J.A.: *Drilling Fluid Disposal*. *J. Petrol. Technol.*, 33, 12, 2377-2381, (1981).
24. Leuterman A.J., Jones F.V., Candler J.E.: *Drilling Fluids and Reserve Pit Toxicity*. *J. Petrol. Technol.*, 40, 11, 1441-1444 (1988).
25. Wojtanowicz A.K., Field S.D. Krilov Z., Spencer F.L.: *Statistical Assesment and Sampling of Drilling - Fluid Reserve Pits*. *Drilling Engineering*, 162-170, June (1989).
26. Steczko K., Krasińska A.: *Forecasting of drilling wastes negative impact on the natural environment*. *Nafta-Gaz*, 53, 10, 39-45 (1997).
27. Steczko K., Krasińska A., Hajdus D.: *Prognozowanie szkodliwego wpływu płuczek i odpadów wiertniczych na środowisko*. *Zeszyty Naukowe Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska*, Nr 15, Politechnika Koszalińska, Koszalin 1999.