

Jan Macuda*, Stanisław Dubiel*

OCENA WPŁYWU OTWARTEJ ERUPCJI ROPY NAFTOWEJ NA ŚRODOWISKO GRUNTOWO-WODNE NA PRZYKŁADZIE OTWORU DASZEWO-1**

1. WSTĘP

Wiercenie otworów eksploatacyjnych i geologiczno-poszukiwawczych mające na celu poszukiwanie złóż węglowodorów, ze względu na swój charakter oraz lokalizację stanowi potencjalne zagrożenie dla wszystkich elementów środowiska naturalnego. Stopień oddziaływania prac wiertniczych uzależniony jest od wielu czynników, a do najważniejszych z nich należy zaliczyć: usytuowanie wiertni w terenie, wrażliwość poszczególnych elementów środowiska na zanieczyszczenie, zastosowaną technikę i technologię realizacji prac oraz rodzaj i charakter występowania złóż węglowodorów.

Podczas realizacji ww. otworów najczęściej dochodzi do zanieczyszczenia środowiska w trakcie samego procesu wiercenia otworu oraz przy wykonywaniu zabiegów stymulacji dopływu węglowodorów i prowadzeniu testów hydrodynamicznych. Z największą skalą zanieczyszczenia środowiska mamy do czynienia podczas wystąpienia awarii w postaci rozwiniętej erupcji z otworu płuczki oraz płynów złożowych w postaci solanki, ropy naftowej i gazu ziemnego. Takie erupcje w zasadzie przyjmują postać katastrof ekologicznych.

Stany awaryjne zdarzają się w związku z występowaniem trudnych do przewidzenia warunków złożowych, błędami ludzi, zawodnością stosowanego sprzętu, a także w przypadku nawiercania struktur zbiornikowych zawierających płyny złożowe pod anomalnie wysokim ciśnieniem. W celu zminimalizowania prawdopodobieństwa wystąpienia tego typu awarii prowadzi się podczas wiercenia prognozowanie warunków złożowych umożliwiające dobór odpowiednich parametrów płuczki. Poza tym montowane są na wylocie otworu naftowego instalacje przeciwerupcyjne oraz wgłębne zawory bezpieczeństwa, przeciwdziałające niekontrolowanemu wypływowi z otworu płuczki i płynu złożowego.

* Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków

** Praca wykonana w ramach badań statutowych

Gwałtowny wypływ płynów złożowych z otworu prowadzi do powstania bardzo groźnej sytuacji głównie dla zdrowia ludzi oraz zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego i środowiska gruntowo-wodnego. Płuczka wiertnicza, ropa naftowa lub też solanka wyrzucane wraz z gazem ziemnym z otworu rozlewają się po powierzchni terenu, zwykle znacznie większej od powierzchni wiertni. Część z nich infiltruje w głąb zanieczyszczając gleby i grunty oraz wody podziemne, a reszta spływa po powierzchni do rowów i wód powierzchniowych. Dla ograniczenia rozprzestrzeniania się tych cieczy ekipy ratownicze wykonują obwałowania ziemne wokół wiertni i zbierają je do czasu zlikwidowania erupcji.

W celu zmniejszenia stopnia zanieczyszczenia środowiska gruntowo-wodnego wypływającą z otworu ropę zapala się, jeśli wcześniej nie nastąpi samozapalenie. Powstały pożar jest jednak źródłem dużego zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego i pod wpływem wysokiej temperatury prowadzi do zniszczenia elementów zagospodarowania terenu wiertni i infrastruktury napowierzchniowej występującej w jej pobliżu.

2. WARUNKI GEOLOGICZNO-TECHNICZNE WIERCENIA OTWORU „DASZEWO-1”

Otwór „Daszewo-1” został wykonany w miejscowości Krzywopłoty k. Karlina. Geologicznie jest on zlokalizowany w obrębie antyklinorium pomorskiego, gdzie obiektem poszukiwań za ropą naftową i gazem ziemnym są osady dolomitowe cechsztynu, czerwony spagowiec i karbon [3]. W dolomicie głównym i płytowym występują wysokie gradienty ciśnień złożowych, dochodzące nawet do 0,2 bar/m. Występujący w tym poziomie gaz ziemny zawiera z reguły siarkowodór. W czerwonym spagowcu, w pasie nadmorskim, gradienty ciśnień są zarówno normalne jak i wysokie (do 0,15 bar/m), natomiast w karbonie przyjmują normalne wartości ciśnienia (do 0,12 bar/m) [1,2].

Celem wiercenia otworu „Daszewo-1” było zbadanie wglębnej budowy geologicznej, własności zbiornikowych oraz gazo- i roponośności osadów karbonu i czerwonego spagowca, jak również roponośności węglanowych utworów cechsztynu. Dodatkowym zadaniem otworu było osiągnięcie osadów dewonu oraz zbadanie roponośności dolomitu głównego, którego spodziewano się na głębokości 2850 m. Wiercenie otworu zaplanowano do głębokości 4100 m i realizowano przy użyciu urządzenia wiertniczego UM-3D produkcji rosyjskiej. Projekt orurowania otworu przewidywał:

- rury okładzinowe o średnicy 13 3/8" (339 mm) do głęb. 150–200 m, cementowane do wierzchu,
- rury okładzinowe o średnicy 9 5/8" (245 mm) do głęb. 2680 m tj. do stropu cechsztynu, cementowane do wierzchu,
- rury okładzinowe o średnicy 6 5/8" (168 mm) do głęb. 2850 m, cementowane na zakładkę 200 m w rurach 9 5/8",
- rury okładzinowe o średnicy 4 1/2" (114 mm), zapuszczone do osadów karbonu lub dewonu (w zależności od wyników wierceń).

Strop utworów cechsztynu nawiercono na głębokości 2740 m, a strop dolomitu głównego na głębokości 2779 m, czyli płycej o około 70 m niż przewidywano. Prace wiertnicze prowadzono zgodnie z planem ruchu i do stropu cechsztynu otwór wiercono z płuczką bentonitową o gęstości 1150 kg/m^3 . Do przewiercania warstw cechsztyńskich, ze względu na przewidywane anormalnie wysokie ciśnienia złożowe w dolomicie głównym, zaplanowano płuczkę solno-skrobiową obciążoną barytem.

W dostosowaniu do przewidywanej budowy geologicznej, rodzaju przewiercanych utworów oraz projektowanej konstrukcji otworu, jego wylot został zabezpieczony przed erupcją głowicami przeciwerupcyjnymi (prewenterami) sterowanymi hydraulicznie. Prewenter typu: DF-35,0 na ciśnienie maksymalne 35 MPa, montowany był na rurach okładzinowych o średnicy $13 \frac{3}{8}$ " i $9 \frac{5}{8}$ ", a prewenter typu PPG-50,0 na ciśnienie maksymalne 50 MPa, zamontowany został na rurach okładzinowych $\varnothing 6 \frac{5}{8}$ ".

3. PRZYCZYNY ERUPCJI WĘGLOWODORÓW I PRZEBIEG AKCJI RATOWNICZEJ

Po osiągnięciu w otworze poszukiwawczym „Daszewo-1” głębokości 2779 m i nawierceniu w dniu 9 grudnia 1980 r. stropu osadów dolomitu zawierających złożę ropno-gazowe o wysokim ciśnieniu zaobserwowano samowypływ płuczki z otworu i „podrzucanie” przewodu wiertniczego oraz zmiany wskazań na ciężarowskazie i zmiany ciśnienia w układzie tłocznym płuczki [1, 2]. Zgodnie z procedurą przeciwerupcyjną wyłączono pompy płuczkowe, podciągnięto przewód wiertniczy i przystąpiono do odkręcania graniatki w celu zamontowania na rurach płuczkowych zaworu zwrotnego, zapobiegającego erupcji przez przewód wiertniczy. Jednak coraz intensywniejszy wypływ płuczki z otworu wraz z węglowodorami uniemożliwił wykonanie tej operacji i załoga uruchomiła hydrauliczny układ zamykania prewentera na przewód wiertniczy po wcześniejszym sprawdzeniu czy zasuwę na odpływach są otwarte. Po kilkudziesięciu sekundach wystąpiła jednak nieszczelność na szczękach prewentera wokół przewodu wiertniczego, co spowodowało ponowny, gwałtowny wypływ ropy naftowej i gazu ziemnego do wysokości korony wieży wiertniczej i ich prawie natychmiastowy samozapłon. Powstały pożar spowodował zniszczenie urządzenia wiertniczego UM-3D wraz z całym jego zapleczem, zabudowań mieszkalnych i gospodarczych dwóch gospodarstw rolnych znajdujących się w odległości od 100 do 350 m oraz 800 m drogi asfaltowej łączącej Karlino z Koszalinem.

Praktycznie natychmiast przystąpiono do akcji ratowniczej, a dla powstrzymania rozlewu ropy naftowej wraz z dużymi ilościami wody użytej do schładzania wylotu otworu i przedostania się tej mieszaniny do rzeki Radew, wykonano ziemne wały ochronne w odległości 180 m od otworu. Z dostępnych dokumentów [1, 2] z przebiegu likwidacji awarii wynika, że podczas akcji ratowniczej trwającej 33 dni przedostało się do środowiska

naturalnego kilkadziesiąt tysięcy ton ropy naftowej i gazu ziemnego wraz z produktami ich spalania. Podczas prowadzenia akcji ratowniczej zebrano do cystern 6582 tony ropy naftowej i wywieziono do rafinerii.

W wyniku zaistniałej erupcji, w promieniu 600 m od otworu teren uznano za zdegradowany, a na obszarze 27 ha stwierdzono zanieczyszczenie gleb i gruntów ropą naftową.

Na rysunku 1 przedstawiono widok wiertni w trakcie prowadzenia akcji ratowniczej.



Rys. 1. Widok terenu wiertni „Daszewo-1” w trakcie trwania akcji ratowniczej [5]

Po zlikwidowaniu erupcji węglowodorów, uporządkowaniu terenu i zmontowaniu nowego urządzenia wiertniczego przystąpiono do rekonstrukcji otworu i dalszego jego wiercenia do planowanej głębokości.

4. AKTUALNE WYNIKI BADAŃ GLEB, GRUNTÓW I WÓD PODZIEMNYCH W REJONIE ODWIERTU „DASZEWO-1”

Aktualnie w wyniku konwersji złoża ropy naftowej Daszewo, o znacznym stopniu sčerpania zasobów, złożo to wykorzystano do budowy Podziemnego Magazynu Gazu (PMG) „Daszewo”. Złożo ropy naftowej „Daszewo” jest obecnie złożem z wykształconą czapą gazową i odbudowanym ciśnieniem złożowym w wyniku zatłaczania gazu oraz częściowej aktywności wody złożowej. Koncepcja zagospodarowania złoża na potrzeby maga-

zynu przewiduje budowę PMG o pojemności czynnej 30 mln m³ gazu. Dla potrzeb technologicznych budowanego PMG wykorzystane zostaną dwa istniejące odwierty robocze „Daszewo-1” i „Daszewo R-lk”. Ten ostatni wykonany został jako odwiert kierunkowy w ramach akcji ratowniczej, w celu likwidacji erupcji poprzez uszczelnienie dolnej części otworu „Daszewo-1”. W odwiertach tych zostały wykonane prace rekonstrukcyjne w celu poprawy ich stanu technicznego i dostosowania dla celów technologicznych PMG. Na rysunku 2 przedstawiono napowierzchniowe wyposażenie odwiertu „Daszewo-1”.



Rys. 2. Widok napowierzchniowego wyposażenia odwiertu „Daszewo-1” dla celów PMG [5]

Dla dokonania oceny stanu środowiska gruntowo-wodnego w najbliższym rejonie odwiertu „Daszewo-1” po upływie około 30 lat od zaistniałej erupcji ropy naftowej i gazu ziemnego pobrano do badań chemicznych po 12 prób gleb i gruntów z głębokości 0,3 m i 1,0 m p.p.t. oraz jedną próbkę wód podziemnych z głębokości 2,7 m. Z tego 9 prób pobrano w obrębie granic dawnego obwałowania ziemnego do zbierania ropy naftowej, które w trakcie akcji ratowniczej zostało wykonane w odległości 180 od otworu, a trzy poza tymi granicami. Próbkę gleb i gruntów pobrano specjalistycznym próbnikiem w odległości 15, 100, 150 i 250 m od odwiertu, zgodnie z procedurą zawartą w literaturze [4, 6, 7], Schemat poboru próbek przedstawiono na rysunku 3. Próbkę pobraną w odległości 250 m od odwiertu posłużyły do porównania koncentracji węglowodorów w glebach i gruntach w obrębie

The map illustrates the study area with sampling points 1 through 12. A dashed line represents the earth dam. A scale bar indicates distances from 0 to 100 meters. Arrows point towards 'Koszalin' and 'Karlino'. A legend defines the symbols: solid black circles for soil and groundwater sampling points, an open circle for groundwater sampling point, a dashed line for the earth dam, and a solid black circle with a dot for 'Daszewo - 1'.

Próbki gleb i gruntów przeznaczone do badań laboratoryjnych na zawartość węglowodorów w pierwszej kolejności wysuszono, a następnie po oddzieleniu szkieletu, przetarciu w młynie agatowym i spaleniu materii organicznej w temp. 450 °C, trawiono na gorąco w mieszaninie kwasu azotowego i nadchlorowego (3:2). Następnie po odparowaniu próbki te rozpuszczono w jednoprocentowym roztworze HCl. Zawartość węglowodorów w badanych gruntach oznaczono metodą chromatografii cieczowej (HPLC – *High-Pressure Liquid Chromatography*) [4]. Wyniki badań laboratoryjnych gleb i gruntów przedstawiono w tabelach 1 i 2.

Otrzymane wyniki koncentracji węglowodorów w wodzie podziemnej przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 1

Zestawienie wyników badań próbek gleb pobranych w rejonie odwiertu „Daszewo-1”.
Głębokość poboru próbek 0,0–0,3 m

Nr pobranej próbki	Koncentracja węglowodorów C ₁₂ -C ₃₅	Wartość dopuszczalna dla terenów upraw rolniczych Głęb. 0,0–0,3 m	Wartość dopuszczalna dla terenów przemysłowych Głęb. 0,0–2,0 m
	Koncentracja [mg/kg s.m.]		
1	38,1	50	3000
2	27,6		
3	42,1		
4	39,5		
5	36,7		
6	31,3		
7	37,4		
8	40,2		
9	34,7		
10	29,6		
11	32,1		
12	28,4		

Tabela 2

Zestawienie wyników badań próbek gleb pobranych w rejonie odwiertu „Daszewo-1”.
Głębokość poboru próbek 1,0 m

Nr pobranej próbki	Koncentracja węglowodorów C ₁₂ -C ₃₅	Wartość dopuszczalna dla terenów upraw rolniczych Głęb. 0,3–15,0 m	Wartość dopuszczalna dla terenów przemysłowych Głęb. 0,0–2,0 m
	Koncentracja [mg/kg s.m.]		
1	41,1	200	3000
2	36,2		
3	37,9		
4	35,8		
5	38,2		
6	33,3		
7	29,4		
8	31,8		
9	29,7		
10	32,3		
11	37,1		
12	33,5		

Tabela 3

Wyniki badań próbki wód podziemnych pobranej w rejonie odwiertu „Daszewo-1”.
Głębokość poboru próbki 2,7 m

Nr pobranej próbki	Koncentracja węglowodorów C ₁₂ -C ₃₅	Wartość dopuszczalna dla terenów upraw rolniczych	Wartość dopuszczalna dla terenów przemysłowych
	µg/dm ³		
1	58	200	600

5. PODSUMOWANIE

Na podstawie analizy wyników badań przedstawionych w tabelach 1 i 2 można stwierdzić, że gleba oraz grunt do głębokości 1,0 m w rejonie odwiertu „Daszewo-1” nie są zanieczyszczone węglowodorami ponad standardy zawarte w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby i standardów jakości ziemi [8]. Największą koncentrację węglowodorów w glebie (42,1 mg/kg suchej masy) stwierdzono w próbce nr 3 pobranej z głębokości 0,3 m, w odległości 15 m od otworu (tab. 1).

Warto zauważyć (tab. 1 i 2), że oznaczone w próbkach gleb i gruntów koncentracje węglowodorów są niskie i tylko nieznacznie przekraczają koncentracje oznaczone w próbkach gleb i gruntów pobranych w punktach zlokalizowanych poza granicą obwałowania, które zostało wykonane podczas likwidacji erupcji z otworu „Daszewo-1”. Również koncentracja węglowodorów w pobranej próbce wody podziemnej (tab. 3) nie przekracza wartości normowych zawartych we „Wskazówkach metodycznych do oceny stopnia zanieczyszczenia gruntów i wód podziemnych produktami ropopochodnymi i innymi substancjami chemicznymi w procesach rekultywacji [9].

Na uwagę zasługuje fakt, że znaczna część wydobywającej się ropy i gazu ziemnego w trakcie trwania akcji ratowniczej uległa spaleni, ponieważ w krótkim czasie od powstania erupcji nastąpił ich samozapłon. W wyniku tego pożaru nastąpiło wprawdzie zwiększone zanieczyszczenie atmosfery, ale znacznie zmniejszyła się degradacja środowiska grunto-wo-wodnego ropą naftową.

Erupcja wiertnicza i pożar jakie miały miejsce na otworze „Daszewo-1”, a także długi czas prac ratunkowych, stanowią podstawę do stwierdzenia, że miały one charakter lokalnej katastrofy ekologicznej. Dlatego analiza przedstawionych w artykule wyników badań laboratoryjnych próbek gleb, gruntów i wód podziemnych, wykonanych około 30 lat po tej katastrofie napawa optymizmem, ponieważ widać, że możliwe jest uzyskanie zadowalających wyników oczyszczania środowiska grunto-wo-wodnego z węglowodorów i obniżenie ich koncentracji poniżej aktualnie obowiązujących standardów.

LITERATURA

- [1] Augustynowicz H.: *Erupcja i pożar szybu Daszewo-I*. Bezpieczeństwo Pracy w Górnictwie, WUG, nr 3, 1981
- [2] Karnkowski P., Sikorski B., Solak M.: *Nowe złoża ropy naftowej pod Karlinem*. Przegląd Geologiczny, nr 5, 1981
- [3] Karnkowski P.: *Złoża gazu ziemnego i ropy naftowej w Polsce, Tom 1, Niż Polski*. Wyd. „GEOS” AGH, Kraków 1993
- [4] Macuda J., Macuda Ł., Macuda M., Rogowska-Kwas R.: *Zanieczyszczenie środowiska gruntowego substancjami ropopochodnymi na terenach rafineryjnych*. Geomatics and Environmental Engineering (kwartalnik AGH), vol. 1, no. 2, 2007
- [5] Magdoń S.: *PMG Daszewo- pierwszy taki magazyn*. Szejk 3(96) październik 2009
- [6] PN-R-04031. Analiza chemiczno-rolnicza gleby – Pobieranie próbek
- [7] PN-ISO 10381-1-2: 2007 – „Jakość gleby – Pobieranie próbek – Część 2: Zasady dotyczące technik pobierania”
- [8] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz. U. Nr 165, poz. 1359 z 4 października 2002 r.).
- [9] Wskazówki metodyczne do oceny stopnia zanieczyszczenia gruntów i wód podziemnych produktami ropopochodnymi i innymi substancjami chemicznymi w procesach rekultywacji. PIOŚ, Warszawa 1994