

## BADANIA ZANIECZYSZCZENIA GRUNTÓW I WÓD PODZIEMNYCH PRODUKTAMI NAFTOWYMI ORAZ ICH SPECYFIKA

UKD 631.4+556.388:665.6

Rozwój motoryzacji, rozbudowa obiektów petrochemicznych oraz sieci dystrybucji i transportu produktów naftowych stwarza realne zagrożenie zanieczyszczenia gruntów i wód podziemnych. Specyficzne własności ropy naftowej i jej produktów powodują, iż są to zanieczyszczenia długotrwałe i trudne do usunięcia. Po dłuższym okresie eksploatacji tereny obiektów naftowych na ogół ulegają zanieczyszczeniu produktami naftowymi. Obecnie najintensywniej proces ten zaznaczył się w starych rafineriach, np. w rafinerii w Gliniku Mariampolskim stwierdzono przenikanie produktów naftowych do głębokości ponad 60 m. Zanieczyszczenia ropą i jej produktami stwierdzono podczas: wydobycia (kopalnie ropy k. Gorlic i Kamienia Pomorskiego), transportu rurociągami (awaria k. Gostynina w 1980 r.), transportu cysternami kolejowymi (Ruskie Piaski k. Zamościa), transportu cysternami samochodowymi (woj. białostockie – zima 1979 r.), eksploatacji i dystrybucji (Zamość).

Wielkość obiektu nie zawsze decyduje o skali zagrożenia, często małe jednostki, jak np. stacje benzynowe w pewnych warunkach hydrogeologicznych, mogą zanieczyścić wody podziemne na znacznym obszarze. Drastycznym tego przykładem jest znane powszechnie zanieczyszczenie benzyną wód gruntowych w Mszanie Dolnej. Są to tylko pojedyncze przykłady zanieczyszczeń naftowych, natomiast w skali krajowej stopień zagrożenia i zanieczyszczenia wód podziemnych produktami naftowymi dotychczas nie został rozpoznany. Brak jest również szczegółowych badań mechanizmów przenikania i rozprzestrzeniania się produktów naftowych w różnych warunkach hydrogeologicznych występujących w Polsce. W przypadkach awarii obiektów naftowych najczęściej nie prowadzi się badań wpływu zaistniałych zanieczyszczeń na głębsze warstwy gruntu

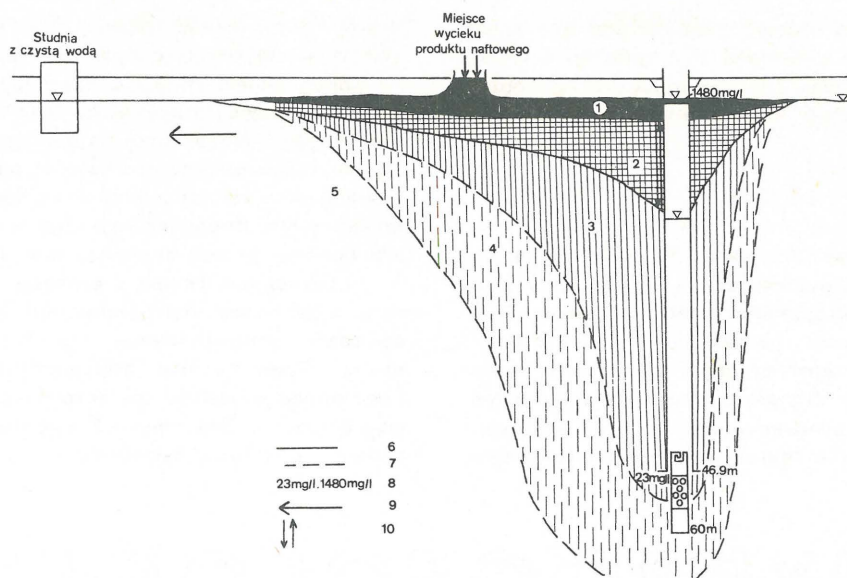
i wody podziemne, lecz całą akcję koncentruje się na usunięciu zewnętrznych skutków zanieczyszczenia poprzez: zbieranie produktu naftowego z powierzchni terenu, wypalanie rozlanego produktu naftowego, wymianę zanieczyszczonej gleby itp.

Sytuacja ta wymaga przeprowadzenia inwentaryzacji obiektów gospodarujących produktami naftowymi w całym kraju, wykrycia i zinwentaryzowania dotychczasowych zanieczyszczeń, w celu ich zlikwidowania oraz zapobiegania zanieczyszczeniom poprzez wyodrębnienie i ochronę obszarów szczególnie narażonych na tego typu zanieczyszczenia.

Poza ochroną zasobów wód podziemnych i obiektów wodnych prowadzone badania przyczynić powinny się do zwiększenia oszczędności paliw poprzez wykrywanie istniejących nieszczelności i przecieków produktów naftowych do gruntu i wód podziemnych, a także do zwiększenia bezpieczeństwa samych obiektów naftowych zagrożonych w przypadkach przecieków.

### BADANIA ZANIECZYSZCZEŃ GRUNTÓW I WÓD PODZIEMNYCH PRODUKTAMI NAFTOWYMI W RESORCIE GEOLOGII

Mając na względzie ochronę głównych użytkowych poziomów wodonośnych oraz obiektów gospodarki wodnej mogących znaleźć się w zasięgu zanieczyszczeń produktami naftowymi Centralny Urząd Geologii zainicjował inwentaryzację i badania stopnia zanieczyszczenia oraz zagrożenia wód podziemnych przez produkty naftowe na obszarze kraju. Wykonawcami badań są Kombinaty Geologiczne: „Północ”, „Południe” i „Zachód”, które realizują



Przykład pionowej strefowości zanieczyszczeń wód podziemnych produktami naftowymi.

An example of vertical zonation of groundwater pollution with petroleum products.

1 - strefa maksymalnego zanieczyszczenia w interwale naturalnych wahań zwierciadła wody, 2 - strefa intensywnego zanieczyszczenia w obrębie lejka depresyjnego, 3 - strefa zanieczyszczenia zemulgowanym produktem naftowym, 4 - strefa zanieczyszczenia rozpuszczonymi składnikami produktu naftowego, 5 - strefa wód czystych, 6 - stwierdzone granice stref, 7 - przypuszczalne granice stref, 8 - zawartość bituminów w wodzie w miejscu pobrania próbki, 9 - kierunek naturalnej filtracji wody podziemnej, 10 - kierunek wahań zwierciadła wody podziemnej z produktem naftowym w trakcie pompowania i przerw w eksploatacji.

1 - maximum pollution zone in interval of natural water table oscillations, 2 - intense pollution zone within depression cone, 3 - zone of pollution with emulsified petroleum products, 4 - zone of pollution with dissolved components of petroleum products, 5 - zone of clear water, 6 - controlled zone boundary, 7 - inferred zone boundary, 8 - bitumen content in water at sampled point, 9 - direction of natural groundwater percolation, 10 - direction of oscillations of table of petroleum product polluted groundwater in the course of pumping and breaks in exploitation.

te badania na terenach objętych ich działalnością na podstawie projektów zaakceptowanych przez Centralny Urząd Geologii. Wyniki badań zestawione będą w układzie wojewódzkim, co pozwoli terenowym władzom administracyjnym podjąć działania zmierzające do likwidacji skutków zanieczyszczeń i ochrony środowiska przed ich powstaniem.

raportem o stanie zanieczyszczenia i zagrożenia wód podziemnych przez produkty naftowe. Wyniki tych prac powinny wskazać ponadto na konieczność wydania niezbędnych zarządzeń w tym zakresie.

#### SPECYFIKA BADAŃ ZANIECZYSZCZEŃ NAFTOWYCH

Instytut Geologiczny prowadzi badania metodyczne, a także współpracuje z Departamentem Badań Geologicznych i Koordynacji CUG w zakresie koordynacji całości prac w toku ich realizacji i opracowania wyników. W ramach koordynacji prac Instytut Geologiczny opracował „wytoczne prowadzenia badań zanieczyszczeń i zagrożeń wód podziemnych produktami naftowymi”, które pozwolą na usystematyzowanie i ujednoczenie prac badawczych prowadzonych w resorcie CUG.

Specyfika badania zanieczyszczeń gruntów i wód podziemnych produktami naftowymi wynika z własności tych produktów różniących je od wody oraz innych substancji zanieczyszczających. Decydujący jest tu ich ciężar właściwy, gęstość i lepkość oraz lotność w przypadku lekkich frakcji. Przeważająca ilość produktów naftowych jest lżejsza od wody. Powoduje to gromadzenie się głównej masy zanieczyszczeń naftowych na powierzchni wody. Możemy więc mówić o „stropowym” charakterze zanieczyszczeń wód podziemnych produktami naftowymi. Maksymalnie zanieczyszczona jest stropowa część warstwy wodonośnej w strefie naturalnych wahań zwierciadła wody.

Po zinwentaryzowaniu przez kombinaty geologiczne obiektów gospodarujących produktami naftowymi i wykryciu istniejących zanieczyszczeń naftowych przewiduje się zakładanie sieci obserwacji wokół stwierdzonych większych zanieczyszczeń. Sieć ta będzie służyła do realizacji badań stacjonarnych, których celem będzie określenie stopnia aktualnego zanieczyszczenia oraz spodziewanego dalszego rozwoju tego zanieczyszczenia, a przede wszystkim dla określenia możliwości i sposobu jego likwidacji.

Produkty naftowe przemieszczają się wraz z pionowymi wahaniami zwierciadła wody. Przy wysokich stanach wód gruntowych obserwowano np. jak produkty naftowe, które przeniknęły już na pewną głębokość, ponownie pojawiają się wówczas na powierzchni terenu. W przypadku eksploatacji wód podziemnych zanieczyszczona strefa w obrębie naturalnych wahań zwierciadła wody ulega pogłębieniu o przestrzeń lejka depresyjnego, w którego obrębie zwierciadło wody wraz z występującymi na nim produktami naftowymi wielokrotnie przemieszcza się w dół i w górę w trakcie poboru wody oraz w przerwach w eksploatacji.

W miejscach, gdzie obecnie nie stwierdzono zanieczyszczeń naftowych, ale istnieją warunki im zagrażające przewiduje się wykonywanie pojedynczych otworów kontrolnych. Zwłaszcza dotyczy to terenów, na których występują obiekty gospodarki wodnej wymagające szczególnej ochrony.

To wielokrotne przemieszczanie się produktów nafto-

Przewiduje się, że prace i badania wykonywane przez kombinaty i Instytut Geologiczny zostaną zakończone

wych z lustrem wody powoduje, iż strefa ta ulega maksymalnemu zanieczyszczeniu. Obniżenie strefy maksymalnego zanieczyszczenia w wyniku eksploatacji wód podziemnych w miejscach zanieczyszczonych produktem naftowym powoduje również pogłębienie następnych stref o mniejszym zanieczyszczeniu. W konsekwencji produkty naftowe przedostają się do zafiltrowanej części otworu studziennego, co uniemożliwia dalszą eksploatację wód dla celów konsumpcyjnych. Mechanizm zanieczyszczenia głębszych partii warstwy wodonośnej jest słabo zbadany. Ogólnie można stwierdzić, iż przenikanie zanieczyszczeń naftowych w głąb przeważnie następuje wskutek pionowych ruchów wody, powodowanych naturalnymi wahaniami zwierciadła oraz wahaniami w obrębie leja depresyjnego w przypadku eksploatacji tych wód.

Mniejszy wpływ na zanieczyszczenia głębszych części warstwy wodonośnej wywiera dyspersja zemulgowanych oraz rozpuszczonych w wodzie poszczególnych składników produktów naftowych. Tworzy ona strefy o mniejszym stopniu zanieczyszczenia. Zasięg głębokościowy takiej strefy przy podobnych warunkach geologicznych i wielkości zanieczyszczenia, przede wszystkim zależy od wieku zanieczyszczenia. Maksymalna głębokość skażenia bitumicznego stwierdzona w Polsce przekracza 60 m (3).

Wyodrębnione pionowe strefy zanieczyszczenia wód podziemnych produktami naftowymi zostały przedstawione szczegółowo na rycinie. W obrębie poszczególnych stref zmienia się postać występowania produktów naftowych. Na zwierciadle wody podziemnej występują nagromadzenia produktów naftowych wydzielonych w postaci najbardziej zbliżonej do produktów naftowych przeciekających z ogniska zanieczyszczenia. Ewentualne różnice wynikają z wpływu strefy aeracji, przez którą produkty te przedostawały się do wód podziemnych. W miejscach zetknięcia się produktów naftowych z wodą podziemną następuje ich optymalne zawadnienie.

Jak wykazały wstępne doświadczenia z ropą naftową zawadnienie powoduje kilkakrotne zwiększenie objętości ropy i zmianę jej konsystencji, co ma niewątpliwie wpływ na dalszy przebieg zanieczyszczenia. W głębszych strefach dominują produkty naftowe w formie zemulgowanej, zaadsorbowanej przez szkielet warstwy wodonośnej, a jeszcze głębiej występują jedynie w formie rozpuszczonych w wodzie składników ropy naftowej. W jednej z badanych studzien w wodzie o silnie zmienionym smaku, pobieranej z głębszych stref warstwy wodonośnej, chociaż wizualnie nie dostrzegano obecności produktu naftowego, to niemniej podczas przerw w pompowaniu na powierzchni zwierciadła wody w studni wytrącała się kilkumilimetrowa warstewka produktu naftowego (3).

Opisana powyżej pionowa strefowość zanieczyszczenia wód podziemnych produktami naftowymi szczególnie uwidoczniła się podczas obserwacji ujęcia składającego się z kilku studzien, pobierających wodę z różnej głębokości z tej samej warstwy wodonośnej. Z najpłytszej studni czerpano prawie wyłącznie produkt naftowy, natomiast w głębszych studniach ilość produktów naftowych była znacznie mniejsza, a w najgłębszej nie stwierdzono ich w ogóle.

Przeprowadzone badania pionowej strefowości zanieczyszczenia wód podziemnych produktami naftowymi mają charakter wstępny, dotyczą jedynie zmian w postaci występowania produktów naftowych wraz z głębokością ich przenikania. Podobne pionowe strefy zanieczyszczeń naftowych wydzielał również W. Pelikan (5). Niezbędne są dalsze badania i uściślenia w tym zakresie. Jednak już obecnie ten pionowy rozkład zanieczyszczeń, występu-

jący szczególnie wyraźnie w przypadku zanieczyszczeń naftowych, narzuca następujące wymogi natury metodycznej i praktycznej:

- konieczność umiejscowienia filtru w stropowej części warstwy wodonośnej w otworach do obserwacji zanieczyszczeń wód podziemnych produktami naftowymi;
- nieprzydatność studzien z filtrami umieszczonymi w spągu warstwy wodonośnej do badania zanieczyszczeń naftowych;
- potrzebę pomiaru grubości słoja produktów naftowych pływających po powierzchni zwierciadła wody;
- potrzebę (w przypadku, gdzie jest to możliwe) określenia pierwotnych własności fizyko-chemicznych produktu naftowego, który zanieczyścił wody podziemne;
- potrzebę badania zmian własności produktów naftowych pod wpływem ośrodka gruntowo-wodnego. Porównanie wyników tych badań z pierwotnym składem produktu zanieczyszczającego oraz sytuacją gruntowo-wodną w miejscu zanieczyszczenia pozwoli na ocenę stopnia i mechanizmów zanieczyszczenia.

Praktycznym i niezwykle istotnym wnioskiem, wynikającym z pionowej strefowości zanieczyszczenia wód podziemnych produktami naftowymi, jest sposób oczyszczenia warstwy wodonośnej z produktów naftowych. Często stosowane przy zanieczyszczeniach intensywne pompowanie dla spompowania produktów naftowych, w przypadkach głębokiego występowania filtru, powoduje wytworzenie głębokiego leja depresyjnego i trudny do usunięcia wzrost zanieczyszczenia głębszych części warstwy wodonośnej, a więc skutek odwrotny do zamierzonego. Do właściwego oczyszczenia warstwy wodonośnej niezbędny jest wówczas otwór lub kilka otworów z filtrami umiejscowionymi w górnej części warstwy wodonośnej, pozwalającymi na spompowanie zanieczyszczeń w miejscu ich maksymalnego nagromadzenia.

Uwzględniając pionową strefowość zanieczyszczeń wód podziemnych produktami naftowymi należy badać również ich poziome rozprzestrzenienie, gdyż określa ono wielkość obszaru, na którym nastąpiło okresowe lub trwałe uniemożliwienie użytkowania wód podziemnych oraz zmniejszenie zasobów czystych wód podziemnych.

Ogólnie stwierdza się, iż poziomy zasięg migracji produktów naftowych zależy od prędkości naturalnej filtracji wód podziemnych oraz od intensyfikacji tej prędkości przez eksploatację. Maksymalne zasięgi poziomego rozprzestrzenienia produktów naftowych podawane w literaturze wynoszą ok. 3000 m (2, 4). Problemy tak pionowego, jak i poziomego rozprzestrzenienia się produktów naftowych w ośrodku gruntowym, zagadnienia adsorpcji i rozszeregowania tych produktów w trakcie ich migracji w naturalnym ośrodku gruntowym dotychczas są słabo rozpoznane i wymagają systematycznego wyjaśnienia w trakcie prowadzonych i projektowanych badań.

## LITERATURA

1. Błażysk T., Górski J. – Dokumentowanie i prognozowanie zmian jakości wody na ujęciach zagrożonych przeobrażeniami środowisk hydrogeochemicznych. Wyd. Geol. 1979.
2. Fiszler J. – Możliwości zanieczyszczenia wód produktami ropy naftowej. Polit. Krak. 1973. z. 1.
3. Mianowski Z., Płochniowski Z. – Potrzeba i zasady badań stacjonarnych w zakresie zanieczyszczenia wód podziemnych. Prz. Geol. 1982 nr 1.
4. Nacjonalna naukowo-techniczna Konferencja

rencija po problemie „Ochrona podziemnych wod od zagriaznienia”. Sofia 1979.

5. Pelikan V. — Sireni znacistení ropnymi produkty v horninovem prostredí a v podzemni vode. Geol. prace, spravy. Bratislava 1975.

### S U M M A R Y

The paper deals with studies on pollution of soils and groundwater with petroleum products, carried out by the Geological Survey. The character of these studies is shown to be specific because of some properties of petroleum

products, resulting in vertical zonality of pollution in soil-water medium.

### Р Е З Ю М Е

В статье приведены информации касающиеся исследований проводимых ведомством геологии в области загрязнений грунтов и подземных вод нефтяными продуктами. Во второй части статьи описана специфика этих исследований, вытекающая из свойств нефтяных продуктов, вызывающих вертикальную зональность распределения этих загрязнений в грунтово-водной среде.