

Andrzej Lisowski
Jerzy Zwoździak
Krzysztof Zygmunt

ZANIECZYSZCZENIE GŁĘBY I WODY WIELOPIERŚCIENIOWYMI WĘGLOWODORAMI AROMATYCZNYMI W OTOCZENIU ELEKTROWNI WĘGLOWYCH

Badania stanu zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego w pobliżu elektrowni węglowej dużej mocy [1] wykazały obecność w nim niektórych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w ilościach wielokrotnie większych, niż na terenach położonych z dala od ośrodków przemysłowych oraz w obrębie aglomeracji miejskich (tak dużej jak Tokio) [2-4]. Wynika stąd, że na skutek opadania pyłów zawierających WWA oraz wymywania ich z powietrza przez opady atmosferyczne, następuje zanieczyszczenie gleby, roślin i wód powierzchniowych oraz organizmów żywych. Nie jest wykluczone, że szkodliwe oddziaływanie WWA zaznaczać się tam może w stopniu nie mniejszym niż innych substancji, emitowanych z elektrowni w ilościach wielokrotnie większych.

W dotychczasowych badaniach stanu zanieczyszczenia środowiska w pobliżu elektrowni węglowych ograniczono się przeważnie do kontroli zawartości tylko niektórych szkodliwych związków chemicznych w powietrzu atmosferycznym. W większości wypadków oznaczano stężenie SO_2 i tlenków azotu oraz zapylenie atmosfery. Próby określenia stężenia WWA w powietrzu podjęto dopiero w ostatnich latach. Wynikało to przede wszystkim z uciążliwej metodyki ich oznaczania oraz małej zawartości w atmosferze. Jak dotąd nie ukazały się jeszcze doniesienia o wpływie elektrowni węglowych na zanieczyszczenie pozostałych komponentów środowiska tymi substancjami. Badania w tym kierunku rozpoczęto w 1982 roku w Instytucie Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej.

Metodyka badań

Badano zanieczyszczenie gleby i wód powierzchniowych benzo(a)pirenem, benzo(a)antracemem, fluorantemem, chryzenem i pirenem w pobliżu elektrowni Turów. Próbkę gleby do analiz pobierano z dala od dróg przeznaczonych dla ruchu pojazdów zmotoryzowanych, z miejsc pokrytych darnią, położonych po zawiętrznej stronie elektrowni, w odległości 200, 700, 1200, 1600, 2600 i 3000 m od tego obiektu. W celu określenia migracji WWA w glebie oznaczano

stężenie WWA w jej warstwach znajdujących się na głębokości 0-5 cm, 5-10 cm i 0-30 cm. Analizy polegały na wyodrębnieniu WWA z gleby przez wytrząsanie próbki najpierw z 80 cm³ cykloheksanu przez 1 godz., a następnie z 40 cm³ cykloheksanu przez 10 min; odparowaniu ekstraktu i wysuszeniu pozostałości w temp. 313 K; rozpuszczeniu pozostałości w chloroformie i wstępnym rozdzieleniu WWA zawartych w rozpuszczalniku w kolumnie chromatograficznej wypełnionej Al_2O_3 , z zastosowaniem cykloheksanu z dodatkiem benzenu jako eluatu; odparowaniu poszczególnych frakcji w temperaturze pokojowej; rozpuszczeniu pozostałości w cykloheksanie do objętości 2 cm³, a następnie rozdzieleniu i identyfikacji poszczególnych WWA metodą chromatografii gazowej. Udział elektrowni w zanieczyszczaniu gleby WWA określano na podstawie porównania zawartości tych substancji w glebach badanych i w glebie tego samego typu (głina średnio i lekko pylasta), lecz pochodzącej z terenów położonych z dala od ośrodków przemysłowych.

Wodę do oznaczeń WWA pobierano z 3 dużych zbiorników zaporowych, położonych po zawiętrznej stronie elektrowni w odległości 300 m (zbiornik 1), 2000 m (zbiornik 2) i 10 000 m (zbiornik 3) od tego obiektu. Próbkę wody o objętości około 10 dm³ wytrząsano z cykloheksanem, po czym rozpuszczalnik oddzielano i zagęszczano do objętości około 20 cm³, a następnie przepuszczano przez kolumnę wypełnioną forisilem i tlenkiem glinu, którą dodatkowo przemywano czystym cykloheksanem. Przesącz odparowywano do objętości 5 cm³ i oznaczano w nim WWA metodą chromatografii gazowej. Stężenia WWA w badanych wodach porównywano z zawartością tych substancji w innych wodach powierzchniowych, narażonych w mniejszym stopniu na zanieczyszczanie przez przemysł.

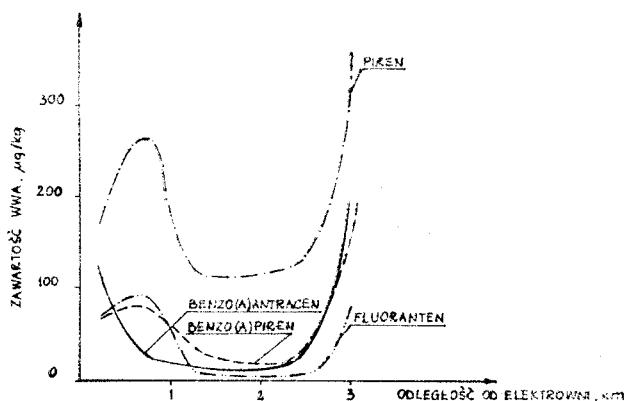
Omówienie wyników badań

Zanieczyszczenie gleby

Badana gleba zawierała wszystkie oznaczane WWA z wyjątkiem chryzenu. Zmiany stężenia każdego z nich w glebie wykazywały podobną zależność od miejsca położenia i głębokości gruntu. Największe zanieczyszczenie warstw wierzchnich gleby (0-5 cm) zaznaczyło się w odległości 3000 m od elektrowni, najmniejsze —

Dr inż. A. Lisowski, dr inż. J. Zwoździak, mgr inż. K. Zygmunt: Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 56-276 Wrocław

w środkowym pasie badanego obszaru, a pośrednie — w miejscach położonych najbliżej zakładu (rys. 1).



Rys. 1 Zawartość WWA w wierzchniej warstwie gleby w różnej odległości od elektrowni

Stężenia benzo(a)pirenu (od 9,9 do 171,1 µg/kg) i benzo(a)antracenu (od 10,3 do 191,1 µg/kg) były zbliżone. Więcej znajdowało się piren (od 111,1 do 354,4 µg/kg), a mniej fluorantenu (od 0 do 93,2 µg/kg). Ostatni pojawił się tylko poza środkową strefą badanego obszaru, a pozostałe występowały na całym terenie. Wyniki pomiarów nie wyjaśniają przyczyn kształtowania się charakterystycznych zmian stężenia WWA w glebie. Wydaje się jednak, że czynnikiem wywołującym to zjawisko był nierównomierny opad WWA na tereny otaczające elektrownię. Największe zanieczyszczenie gleby w miejscach pomiarowych, najbardziej oddalonych od emitora sugeruje, że większość WWA występuje w postaci cząstek drobnych, posiadających zdolność łatwego rozprzestrzeniania się w atmosferze. Pomiary stężenia WWA w powietrzu potwierdziły w pewnym stopniu te sugestie [1]. Mniejsze, lecz stosunkowo duże jeszcze skażenie gleby w najbliższym otoczeniu elektrowni wynikać mogło z tworzenia się znaczącej ilości dużych aglomeratów WWA tuż przy kominie tego obiektu. Zastanawiająca jest natomiast wyjątkowo mała zawartość WWA w glebie w środkowej części badanego obszaru. Nie jest wykluczone, że w tym przypadku istotną rolę od-

grywało położenie tego obszaru. Znajdował się on na zboczu stoku i w mniejszym stopniu narażony był na bezpośrednie oddziaływanie smugi, niż miejsca bardziej oddalone od elektrowni. Wszystkie WWA były nierównomiernie rozmieszczone w profilu glebowym. Ich stężenie zmniejszało się wyraźnie z głębokością gruntu (tabela 1).

Najwięcej badanych zanieczyszczeń występowało w warstwie wierzchniej (0—5 cm). W niższej, położonej na głębokości 5—10 cm, znajdowało się już zdecydowanie mniej WWA, w tym benzo(a)pirenu o 68,0 do 86,3%, benzo(a)antracenu o 83,7 do 92,2%, piren o 44,2 do 73,8%, a fluorantenu o 62,6 do 66,5%. Głębsze partie gruntu zawierały jeszcze mniej węglowodorów lub były ich całkowicie pozbawione. Świadczyła o tym pośrednio najmniejsza zawartość WWA w większości próbek gleby pobranych z głębokości 0—30 cm. Nieznaczące zanieczyszczenie dolnych warstw gleby wynikało przypuszczalnie z aktywnego wiązania WWA w warstwie powierzchniowej oraz słabej rozpuszczalności węglowodorów w roztworze glebowym. W wyniku rozprzestrzeniania się najdrobniejszych cząstek WWA w atmosferze może nastąpić zanieczyszczenie gleby z dala od źródeł emisji. Potwierdziły to analizy porównawczych próbek gleby (tabela 1). Próbki te zawierały benzo(a)piren, benzo(a)antracen i piren, i to w ilościach większych niż gleba w niektórych miejscach znajdujących się w pobliżu elektrowni. W miejscach intensywnie zanieczyszczanych przez elektrownię występowało jednak zdecydowanie więcej WWA, w tym benzo(a)pirenu od 1,5 do 4,5-krotnie, benzo(a)antracenu 3,5 do 5,7-krotnie i piren o 1,1 do 2,9-krotnie. Pojawił się tam również fluoranten, którego nie wykryto w próbach porównawczych.

Zanieczyszczenie wód powierzchniowych

We wszystkich badanych wodach powierzchniowych stwierdzono obecność większości oznaczanych WWA. Wody te zawierały benzo(a)piren, benzo(a)antracen, piren i fluoranten, a pozbawione były chryzenu (tabela 2).

Tabela 1

ZAWARTOŚĆ WWA W GLEBIE [µg/kg]							
Rodzaj WWA	Zakres głębokości warstwy gleby [cm]	Odległość od elektrowni [m]					Próba porównawcza
		200	733	1200	2400	3000	
benzo(a)piren	0—5	57,8	83,4	27,3	9,9	171,1	38,3
	5—10	13,6	25,7	—	—	23,4	—
	0—30	9,8	23,9	16,4	13,6	19,2	—
benzo(a)antracen	0—5	117,7	12,7	14,3	10,3	191,1	33,7
	5—10	9,2	—	—	—	31,1	—
	0—30	7,3	4,2	5,2	7,7	26,8	—
fluoranten	0—5	60,6	93,2	0	0	84,4	0
	5—10	20,3	—	—	—	31,6	—
	0—30	0	0	0	0	4,8	—
piren	0—5	171,5	273,6	111,1	138,7	354,4	122,2
	5—10	44,9	152,6	52,6	—	94,8	—
	0—30	11,4	5,7	5,7	0	11,9	—

Rodzaj WWA	Stężenie WWA w wodzie [mg/m ³]		
	Zbiornik 1	Zbiornik 2	Zbiornik 3
benzo(a)piren	0—0,05	0—0,05	0—0,05
benzo(a)antracen	0,02—0,18	0,04—0,20	0—0,16
piren	0—0,19	0—0,17	0—0,18
fluoranten	0,03—0,20	0—0,18	0,07—0,17
chryzen	0	0	0
Σ WWA	0,20—0,50	0,30—0,40	0,30—0,40

Fluoranten i benzo(a)piren wykrywano jednak rzadziej (39% i 37% pomiarów); pierwszy z nich w ilościach do 0,2 mg/m³, a drugi w ilościach do 0,05 mg/m³. Częściej pojawiał się piren (73% pomiarów), a benzo(a)antracen występował prawie zawsze. Zawartość każdego z nich w wodzie, podobnie jak fluorantenu, nie przekraczała 0,2 mg/m³. Analizy wykazały podobne zanieczyszczenie wód WWA w poszczególnych zbiornikach wodnych. Było ono większe niż w innych wodach powierzchniowych, narażonych w mniejszym stopniu na skażenie WWA. Łączne stężenie WWA w wodach pochodzących z terenów słabo uprzemysłowionych lub położonych z dala od ośrodków przemysłowych i zurbanizowanych rzadko osiąga wartość 0,1 mg/m³ [5]. W wodach badanych znajdowało się co najmniej 3-krotnie więcej wymienionych związków, gdyż ich stężenie sumaryczne wyniosło przeważnie od 0,3 do 0,5 mg/m³. Przekraczało ono również wartość dopuszczalną dla wód przeznaczonych do picia, ustaloną przez WHO na poziomie 0,2 mg/m³.

Mając na uwadze słabą rozpuszczalność WWA w wodzie należy liczyć się z możliwością zanieczyszczania osadów dennych. Nie jest wykluczone, że większość WWA opadających wraz z pyłami do zbiorników wodnych sedymentuje na ich dno. Procesu tego nie potwierdzono wynikami pomiarów, jednak jego przebieg sugeruje występowanie znaczących ilości WWA w osadach dennych, pochodzących z innych zbiorników wodnych, położonych na terenach uprzemysłowionych i zurbanizowanych. Np. w próbkach pobranych z dna Sekwany wykryto aż 1,5 mg benzo(a)pirenu w 100 g suchej masy osadu [5].

1. Elektrownie węglowe emitują produkty niepełnego spalania węgla, wśród których znajdują się silnie toksyczne i rakotwórcze wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne. W wyniku sedymentacji i wymywania WWA z powietrza przez opady atmosferyczne następuje zanieczyszczanie pozostałych komponentów środowiska, w tym w szczególności gleby i wód powierzchniowych.

2. Zanieczyszczenie gleby WWA zaznaczyło się przede wszystkim w warstwach wierzchnich. W zasięgu do 3 km od elektrowni zawierały one do 170 µg/kg benzo(a)pirenu, do 190 µg/kg benzo(a)antracenu, do 93 µg/kg fluorantenu i do 354 µg/kg pirenu. Są to ilości kilkakrotnie razy większe niż w glebach pochodzących z terenów położonych z dala od ośrodków przemysłowych.

3. W wodach powierzchniowych narażonych na wpływ elektrowni stwierdzono obecność pirenu, benzo(a)antracenu i fluorantenu w ilościach do 0,2 mg/m³ każdego z nich oraz benzo(a)pirenu w ilościach do 0,05 mg/m³. Sumaryczne stężenie wymienionych WWA wynosiło przeważnie od 0,3 do 0,5 mg/m³ i było kilkakrotnie większe niż w innych wodach powierzchniowych, narażonych w mniejszym stopniu na zanieczyszczenie przez przemysł.

LITERATURA

1. J. ZWOŹDZIAK, A. LISOWSKI, A. ZWOŹDZIAK: Zanieczyszczenie powietrza wielopierścieniowymi węglowodarami aromatycznymi w otoczeniu elektrowni węglowych. Ochrona Środowiska nr 488/3 (29), Wrocław 1986.
2. S. J. EISENREICH, G. L. HOLLOD, S. RENGELIN: Precipitation chemistry and atmospheric deposition of trace elements in north-eastern Minnesota. Rept. 80 Minnesota Env. Quality Council, 1978.
3. J. MILLER: The potential atmospheric impact of chemicals released to the environment. EPA-560/5-80-001, 1981.
4. H. FREELY, R. J. LARSEN: The chemical composition of atmospheric deposition. Environ. Measurements Lab. EML-363, 1979.
5. E. GOMÓŁKA, A. SZAYNOK: Chemia wody i powietrza. Politechnika Wrocławska, Wrocław 1952.

A. Lisowski, J. Zwoździak, K. Zygmunt

THE CONTRIBUTION OF AIRBORNE POLYNUCLEAR AROMATIC HYDROCARBONS TO SOIL CONTAMINATION AND WATER POLLUTION IN THE VICINITY OF COAL-FIRED POWER PLANTS

Incomplete combustion of coal yields polynuclear aromatic hydrocarbons, a highly toxic and cancerogenic product released to the atmosphere through flue-gas stacks of coal-fired power plants. Polynuclear aromatic hydrocarbons bring about serious environmental impact of the substances in question, soil and water samples were collected in the air influenced by a large power plant. Topsoil samples showed benzo(a)pyrene, benzo(a)anthracene, fluoranthene and pyrene concentrations amounting to 170 µg/kg, 190 µg/kg, 93 µg/kg and 354 µg/kg, respectively. Total concentration of polynuclear aromatic hydrocarbons in surface water ranged from 0,3 to 0,5 mg/m³. All these values are significantly higher than those measured in areas with no industrial influence.