

# **TOKSYNY I ŚRODOWISKO**

**Andrzej Mizera**

Konsultant naukowo-techniczny  
ds. inżynierii ochrony środowiska

## **Środowisko i toksyny.**

Środowisko, w którym żyjemy składa się z szeregu elementów przyrodniczych, które znajdują się zarówno w stanie naturalnym jak i przekształconym wskutek działalności człowieka. Środowisko naturalne to przede wszystkim powierzchnia Ziemi wraz z glebą, kopaliny, wody, powietrze atmosferyczne, świat roślinny i zwierzęcy, a także krajobraz.

Możemy powiedzieć, że środowisko naturalne to całość otaczających nas elementów stanowiących integralną całość, gdzie przepływ energii oraz obieg materii, funkcjonują w sposób prawidłowy i zgodny z prawami natury - mówimy wtedy, że istnieje stan równowagi środowiskowej. Szczególnie mamy tutaj na uwadze równowagę chemiczną, którą należy rozumieć jako zrównoważony bilans pomiędzy ilością uwalnianych pierwiastków i związków chemicznych, a ich wykorzystaniem w dalszych procesach.

Jednakże dość gwałtowny rozwój przemysłu spowodował pewne zachwianie tej równowagi. Coraz częściej obserwujemy nadmierną emisję toksyn do środowiska powodujących jego gwałtowną i w dalszym ciągu postępującą degradację. Na podstawie licznych statystyk ocenia się, że rocznie produkuje się na świecie ok. 2 tys. nowych związków, a ponad 60 tys. różnych związków organicznych jest stosowanych na co dzień. Wymienić tu można np.:

- aktywne składniki pestycydów,
- aktywne składniki leków,
- dodatki do żywności w tym dodatki zwiększające jej przydatność do spożycia (konserwanty).

Wg Międzynarodowego Centrum Rejestracji Chemikaliów (Chemical Abstracts Service) z

siedzibą w USA istnieje ponad 13 mln różnych wyprodukowanych przez przemysł syntetycznych substancji chemicznych, przy czym 100 tys. z nich to substancje, przed którymi nie jesteśmy w stanie się obronić. Aż 90% substancji szkodliwych (toksyn) przedostaje się do organizmu człowieka stanowiąc potencjalne zagrożenie dla jego zdrowia jak i równowagi dla środowiska naturalnego. Najczęściej dzieje się to na skutek spożywania pokarmów (pożywienie, woda) lecz nie tylko. Substancje szkodliwe do organizmu człowieka przedostają się również poprzez zabrudzone dłonie wraz z glebą (warzywa), poprzez kurz połykany wraz ze śluzem, przez wdychanie (powietrze i kurz) oraz w wyniku kontaktu ze skórą (gleba, powietrze i woda). W bardziej drastycznych przypadkach gdzie człowiek narażony jest na działanie toksyn może dochodzić do lokalnych uszkodzeń komórek w jamie ustnej, tchawicy i układzie pokarmowym, nozdrzach i układzie oddechowym, skórze i oczach. Jednakże tego typu przypadki następują dopiero wtedy, gdy substancja szkodliwa wnika do układu krążenia na skutek absorpcji w organach wewnętrznych, płucach lub skórze. Substancje szkodliwe krążą wówczas wraz z krwią w organizmie, ulegając metabolizmowi, zwykle odbywa się to w wątrobie, lub gromadzą się w różnych narządach. Niektóre z produktów metabolizmu mogą zostać wydalone z organizmu.

Metabolizm związków niemających istotnego znaczenia dla normalnych funkcji biologicznych nie zachodzi tylko i wyłącznie w wątrobie, ale pewien jego poziom obserwujemy w płucach, jelitach, nerkach i skórze.

## **Podział środowiska w aspekcie rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń**

Środowisko naturalne możemy podzielić na cztery odrębne, lecz wzajemnie połączone strefy, a mianowicie na:

- **powietrze (atmosfera)** – większość zanieczyszczeń znajdujących się w środowisku naturalnym, bądź do niego emitowanych z różnych źródeł, przenoszone są w powietrzu i tą drogą

mogą przebywać w bardzo odległe miejsca na ziemi. Np. ślady trwałych substancji zanieczyszczających takich jak insektycydy chloroorganiczne i polichlorowane bifenyle wykryto w śniegu i organizmach zwierząt zamieszkujących odległe obszary polarne.

Proces przemieszczania się zanieczyszczeń w powietrzu zależy od stanu fizycznego zanieczyszczeń i od ruchu mas powietrza, którym są przenoszone.

Stan fizyczny zanieczyszczeń powietrza charakteryzuje się tym, że niektóre substancje występują w stanie gazowym jak np. CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, HF i małe lotne fluorowcowane cząsteczki, takie jak: freony, trichloroetylen ( CCl<sub>2</sub> = CHCl ). Oprócz zanieczyszczeń gazowych występują również zanieczyszczenia w postaci kropelek i drobiny pyłowych lub tworzących wzajemne połączenia charakteryzujące się tym, że drobiny pyłów, sadzy lub kropelki wody mogą mieć złożony skład obejmując wiele substancji zanieczyszczających. Niezależnie od uwalniania z powierzchni ziemi, zanieczyszczenia mogą być włączone w krople deszczu. Może to zachodzić podczas opadów (wypłukiwanie) lub w czasie tworzenia się kropelek w chmurach (wymiwanie deszczu).

- **wody powierzchniowe (hydrosfera)** - zanieczyszczenia wód powierzchniowych występują w różnej postaci, mogą to być roztwory lub zawiesiny, które mogą być przenoszone przez wodę na znaczne odległości.

Klasyfikacja zanieczyszczeń w wodach można przeprowadzić ze względu na sposób ich usuwania i podzielić na trzy grupy:

- zanieczyszczenia zawieszane i pływające usuwane w procesach fizycznych sedymentacji lub filtracji,
- zanieczyszczenia koloidalne o wielkości cząstek poniżej 100µm usuwane w specjalnych procesach np.: ultrafiltracji, koagulacji,
- zanieczyszczenia rozpuszczone, występujące w formie roztworu wodnego, możliwe do usunięcia metodami fizykochemicznymi lub chemicznymi.

Ponadto na trzy grupy można podzielić zanieczyszczenia z punktu widzenia ich wpływu na zdrowie:

- związki trujące i szkodliwe dla zdrowia,
- związki nieszkodliwe dla zdrowia, które w zależności od stężenia mogą jednocześnie wskazywać na zanieczyszczenie wody
- związki pożądane dla zdrowia.

Stosowany jest także podział wg kryterium określającego pochodzenie zanieczyszczeń:

- zanieczyszczenie biologiczne i bakteriologiczne,
- zanieczyszczenie fizyczne,
- zanieczyszczenie chemiczne,
- zanieczyszczenie izotopami pierwiastków promieniotwórczych.

Ten podział stosowany jest najczęściej.

- **powierzchnia ziemi/ gleba (litosfera)** - zanieczyszczenie gleb powoduje zachwianie równowagi biologicznej środowiska glebowego. Jednym z przejawów zachwiania równowagi biologicznej jest zjawisko zwane zmęczeniem gleb czyli obniżenie jej żyzności na skutek zachwiania równowagi dynamicznej przez zanieczyszczanie lub nieumiejętne nawożenie. W strefie intensywnego zanieczyszczania środowiska degradacja gleby spowodowana jest głównie przez:
  - związki siarki (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, FeS, H<sub>2</sub>S). Ich nadmiar w glebie działa niekorzystnie na organizmy glebowe, czyli hamuje ich rozwój. W bardzo kwaśnym środowisku rośliny tracą zdolność przyswajania składników pokarmowych tj. N, Ca, P, K. Ponadto wywołują się również takie substancje toksyczne jak: związki sodu powodujące zasolenie gleby, związki azotowe, związki metali ciężkich Pb, Cd, Zn, Hg,
  - substancje radioaktywne. Istnieje również rolnicze zanieczyszczenie gleb charakteryzujące się nieumiejętnym nawożeniem i nadmiernym stosowaniu gnojowicy oraz na skutek używania chemicznych środków ochrony roślin (pestycydów) czy chemicznych regulatorów wzrostu roślin (retardantów)

- **organizmy żywe (biosfera)** - substancje wprowadzane do organizmu możemy podzielić na 2 grupy, a mianowicie:

- substancje mające wartość odżywczą, i które są surowcem niezbędnym do etabolizmu odbywającego się w żywym ustroju,
- substancje obce zwane ksenobiotykami, których organizm sam nie syntetyzuje, i które nie mają dla organizmu żadnych wartości odżywczych,

Najbardziej narażonymi u człowieka organami odnośnie działania różnego rodzaju toksyn są:

- układ oddechowy,
- przewód pokarmowy,
- skóra,

Działanie substancji, z którą styka się organizm może być dwojaki:

- bezpośrednie działanie miejscowe drażniące i niszczące,
- działanie na cały organizm po wniknięciu do krwi.

Bezpośrednie działanie toksyczne objawia się widocznym uszkodzeniem organizmu w postaci oparzenia, zaczerwienienia czy rany. Natomiast skutki działania środków toksycznych po wniknięciu do krwioobiegu i oddziaływaniu na cały organizm pojawiają się niekiedy dopiero po dłuższym czasie. Często są one utajone i niezauważalne i tym samym groźne.

### **Monitoring środowiska**

Przeprowadzone w niniejszym artykule rozważania na temat skutków skażenia środowiska oraz narażenia życia ludzkiego w wyniku toksyn emitowanych z przeróżnych źródeł nasuwa pytanie- w jaki sposób ten stan rzeczy kontrolować by przedsięwziąć działania zapobiegawcze

Jednym z najistotniejszych działań jest wprowadzenie szybkich i czułych testów pozwalających na oszacowanie wpływu określonego związku na organizmy. Szczególne znaczenie w punktu widzenia człowieka zajmuje analiza związków o charakterze mutagennym i kancerogennym. W tym względzie ważnym czynnikiem jest monitoring środowiska, który przeprowadzany jest zwykle metodami analitycznymi, którymi

oznaczane są substancje nieorganiczne i organiczne uznane za szkodliwe.

Celem monitorowania środowiska jest określenie:

- substancji wprowadzanych do środowiska, ich ilości i źródeł emisji i rozkładu przestrzennego,
- wpływu tych substancji na ludzi, uprawy, inwentarz, ekosystemy i konstrukcje,
- wszystkich przyczyn wzrostu stężenia tych substancji w czasie,
- do jakiego stopnia emisja, stężenie, wpływ na otoczenie i zachowanie się substancji szkodliwych mogą być modyfikowane, jakimi sposobami i jakim kosztem,
- podstawowych stężeń substancji szkodliwych w celu porównania z danymi pochodzącymi z innych obszarów oraz z danego obszaru po rozpoczęciu procesu skażenia,
- wymagań dla kontroli prawnej emisji substancji szkodliwych i zapewnienia wypełniania obowiązujących przepisów,
- procedur awaryjnych w obszarze wysokiego ryzyka (np. awarie w zakładach chemicznych lub niebezpieczne gromadzenie się substancji szkodliwych w wyniku ruchu drogowego),
- przydatności zasobów wodnych i gruntów do różnych celów użytkowych,

Monitorowanie może dotyczyć:

- źródeł – badania natury i szybkości emisji do atmosfery lub wody albo opadu na ląd,
- mechanizmów transportu-stężenia substancji szkodliwych, odległości, na jaką są przenoszone, i czy ulegają przemianom chemicznym,
- celów – ilości i wyszczególnienia substancji szkodliwych docierających do poszczególnych celów ( ludzi, zwierząt, roślin, ekosystemów lub konstrukcji ).

### **Monitoring środowiska z zastosowaniem wskaźników biologicznych.**

Efekty ekotoksykologiczne skażeń mogą być oceniane jedynie na podstawie badania danych ekosystemów. Ze względu na różnorodność

gatunków większość metod monitorowania biologicznego koncentruje się na tych, które mogą wskazywać skutki i zakres skażenia.

Na podstawie badań sformułowano nsp. rodzaje efektów mogących służyć jako wskaźniki skażenia:

- zmiany składu gatunkowego i dominacji gatunków w społecznościach ekologicznych,
- zmiany różnorodności gatunków w społecznościach,
- wzrost śmiertelności w populacjach,
- fizjologiczne i behawioralne zmiany u indywidualnych osobników,
- morfologiczne i histologiczne odchylenia u indywidualnych osobników,
- wbudowywanie się substancji szkodliwych lub ich metabolitów w tkanki indywidualnych osobników.

### Podsumowanie.

Skażenie środowiska naturalnego, a w konsekwencji wszystkich organizmów w nim żyjących z człowiekiem na czele, przeróżnymi związkami chemicznymi, które z racji swojego oddziaływania noszą miano toksyn jest procesem dość złożonym. **W sposób graficzny proces skażenia środowiska można przedstawić za pomocą pętli (rys1.)**

Schemat ten ukazuje nam mechanizm przenikania zanieczyszczeń ze źródła do obiektu docelowego wraz z czynnikami pośrednimi, które mają wpływ na ten proces, a mianowicie:

- szybkość emisji substancji szkodliwej,
- chemicznych i fizycznych przekształceń, którym podlega ona w czasie przenoszenia lub po naniesieniu na obiekt,
- ilości substancji, która dociera do obiektu,
- przemieszczania się jej wewnątrz obiektu do szczególnie wrażliwych organów oraz ilościowej oceny wpływu na obiekt,

gdzie początkiem jest człowiek będący jednostką produktywną, natomiast odbiornikiem pośredniczącym jest środowisko, gdzie różnymi drogami zanieczyszczenia te są rozprzestrzeniane w różnych kierunkach i w różne, niejednokrotnie najdalsze zakątki ziemi.

Natomiast odbiorcą lub inaczej obiektem docelowym tego procesu jest nikt inny jak żywy organizm czyli człowiek. W organizmie tym toksyny są kumulowane bądź wydalane w procesach metabolizmu. Po wydaleniu toksyn do środowiska łańcuch się zamyka i proces rozpoczyna się od początku.

Reasumując, to od człowieka rozpoczyna się proces skażenia środowiska i na człowieku się kończy, a stwierdzenie to ma poparcie w definicji skażenia, które brzmi: "skażeniem nazywamy wprowadzenie do środowiska przez człowieka substancji lub energii będących źródłem zagrożenia dla zdrowia ludzkiego, szkodliwych dla gatunków żywych i systemów ekologicznych, niszczących struktury nieożywione lub piękno przyrody oraz utrudniających uzasadnione wykorzystanie środowiska".

Chociaż zanieczyszczenie środowiska jest niepożądane, jest ono nieuniknionym i koniecznym elementem życia większości światowej populacji, zwłaszcza w dużych społecznościach, zależnych od technologii i transportu zmechanizowanego. Jednakże, jeśli pewne parametry emisji zanieczyszczeń do środowiska tj. objętość, szybkość emisji i toksyczność substancji szkodliwych są względnie małe, to procesy biegnące w środowisku zazwyczaj prowadzą do degradacji lub asymilacji tych zanieczyszczeń w przeciwnym wypadku następuje trwałe zachwianie równowagi środowiskowej.

### Bibliografia

- Chemical principles of environmental pollution – B.J. Alloway and D.C. Ayres
- Understanding our environment – W.F. Allman
- Podstawy toksykologii – Paweł Rejmer
- Principles of ecotoxicology (second edition) – C.H. Walker, S.P.Hopkin, D.B. Peakall, R.M. Silby

### SCHEMAT ROZPRZESTRZENIANIA SIĘ TOKSYN W ŚRODOWISKU

