

BOGDAN BLECHERT
JACEK MARIAN ŁĄCZNY
STEFANIA RYBORZ

INSTYTUT KSZTAŁTOWANIA
ŚRODOWISKA ODDZ. KATOWICE

WYZNACZENIE JAKOŚCI WÓD ODPLYWAJĄCYCH ZE SKŁADOWISK ODPADÓW PRZEMYSŁOWYCH

Streszczenie. W referacie przedstawiono metody wyznaczania ilości i jakości wód odpływających ze składowisk odpadów przemysłowych: omówiono procedury opisujące spływ wód i ładunków zanieczyszczeń z powierzchni trudno przepuszczalnych odpadów i po trudno przepuszczalnym podłożu oraz odpływu do wód podziemnych.

Wstęp

W województwie katowickim powstaje rocznie około 90 mln ton odpadów przemysłowych, co stanowi ponad 60 % ilości odpadów przemysłowych powstających w kraju. Niski stopień wykorzystania odpadów powoduje konieczność ich deponowania na powierzchni ziemi, wyłączając z gospodarczego użytkowania znaczne obszary. Na obszarze GOP składowiska zajmują 0,1 - 15 % powierzchni. Największe ilości odpadów deponuje resort górnictwa i energetyki. Stanowią one 88 % ogólnej ilości odpadów przemysłowych w naszym województwie. Drugie miejsce - ponad 11 % stanowią odpady hutnicze. Składowane odpady stanowią zagrożenie dla środowiska naturalnego, a głównie dla wód powierzchniowych i gruntowych, powietrza atmosferycznego oraz powierzchni ziemi.

Wpływ składowisk odpadów na środowisko wodne zależy od wielu czynników, z których najważniejszymi są:

- właściwości fizyko-chemiczne odpadów,
- warunki geologiczne, hydrologiczne i klimatyczne terenu składowiska,
- konstrukcja składowiska i sposób jego eksploatacji,
- zastosowanie środków zabezpieczających wody przed zanieczyszczeniem.

Czynniki te należy rozważyć przy planowaniu lokalizacji nowych składowisk. Należy podkreślić, że składowiska odpadów, stanowiące tzw. obszarowe źródła zanieczyszczenia wód, są dopiero od niedawna uwzględniane przy prognozowaniu stanu czystości wód. Wyniki badań w tym zakresie wskazują, że problem jest istotny i dlatego budowę nowych składowisk winna poprzedzać analiza ich uciążliwości dla środowiska. Wskazuje ona, czy teren zaplanowany pod składowisko został wybrany właściwie, a także wytycza możliwe kierunki działań prowadzących do zminimalizowania jego wpływu.

Prognozowanie wpływu składowisk na środowisko wodne jest zagadnieniem złożonym, wymagającym przyjęcia szeregu założeń i uproszczeń w formułowaniu procedur matematycznych opisujących rzeczywistość. Podstawowe zadania sprowadzające się do ustalenia ilości i jakości wód odpływających ze składowiska do wód podziemnych i powierzchniowych przeanalizowano poniżej. Skoncentrowano się głównie na problematyce emisji zanieczyszczeń do wód powierzchniowych, natomiast emisję zanieczyszczeń do wód podziemnych omówiono skrótowo, gdyż problem ten będzie przedmiotem odrębnego referatu.

1. Prognozowanie natężenia odpływu wód ze składowisk

Pierwszym krokiem, jaki należy podjąć przy prognozowaniu odpływu wód ze składowisk, jest określenie skali czasowej: ustalić, czy natężenie odpływu jest stałe w dłuższym okresie czasu, np. w ciągu roku, czy też rozpatrywać zmiany zachodzące w krótszym czasie, np. po wystąpieniu opadu deszczu. W podejmowanych w IKS Katowice pracach przyjęto pierwszy wariant w przypadku dużej przepuszczalności warstwy odpadów i podłoża, drugi natomiast w przypadku, gdy można było spodziewać się wystąpienia spływu powierzchniowego, czy też stosunkowo szybkiego przepływu w dobrze przepuszczalnej warstwie odpadów zalegających na trudno przepuszczalnym podłożu.

Jako źródła wody rozpatruje się opady atmosferyczne, wodę ze zraszania składowisk /o ile zraszanie było przewidziane/ czy też wodę będącą medium transportującym odpady na składowiska.

Parametrami opadów uwzględnianymi w prognozie odpływu wód są: opad normalny oraz przy uwzględnianiu zmian w czasie po wystąpieniu deszczu, także intensywność opadu.

Intensywność opadu wyznacza się z równania Lambora [1]:

$$I = \frac{\sqrt{38-12 \lg \frac{p}{T}} \cdot Hp^{0,28}}{t + c/n} \quad /1/$$

przy czym

$$n = 0,779 - 0,164 Hp \quad /2/$$

$$c = -\frac{1}{1000} /20,92 \cdot Hp \cdot p^{0,315} - 0,18p - 2,0/ \quad /3/$$

gdzie: I - natężenie deszczu /mm/h/

p - prawdopodobieństwo pojawiania się deszczu, równoznaczne z liczbą pojawień w ciągu 100 lat, %

Hp - normalny opad roczny z ostatnich lat /mm/

T - czas trwania deszczu /h/

lub z równania Błaszczyka:

$$I = \frac{A}{T^{0,57}} \quad /4/$$

gdzie:

T - czas trwania deszczu /min/,

A - natężenie deszczu przy czasie jego trwania 1 min.,

I - natężenie deszczu /dm³/s.ha/.

W bilansie wód doprowadzanych do składowiska uwzględnia się ponadto:

- parowanie wody zretencjonowanej w powierzchniowej warstwie zwałowanych odpadów, E /mm/rok/,

- retencjonowanie części wód na powierzchni, R /mm/,

- filtrację w głąb składowiska, F /mm/doba/,

- wpływ powierzchniowy, o ile zachodzi:

$$I \cdot T > R + F \cdot T \quad /5/$$

gdzie: I - natężenie opadu /mm/doby/,

T - czas trwania opadu /doby/.

Parowanie wyznacza się w oparciu o dane literaturowe [2] lub na podstawie równania Turc'a [3], z różnicy pomiędzy wysokością opadu rocznego i ilością wód odpływających ze zlewni [4], względnie jako iloraz retencji powierzchniowej i ilości dni między kolejnymi opadami czy zraszaniem powierzchni składowiska [5]. Ilość wód zretencjonowanych w powierzchniowej warstwie R , przyjmuje się jako:

$$R = E_d \cdot t \quad /6/$$

gdzie:

E_d - parowanie dobowe,

$$E_d = E/365 \text{ /mm/doba/} \quad /7/$$

t - czas /doby/,

lub na podstawie pomiaru intensywności zraszania mikroskładowiska, czasu, T_a , po jakim następuje odpływ wód oraz pomiaru filtracji, przy czym:

$$R = (I - F) \cdot T_a \quad /8/$$

Filtrację, F wód w głąb składowiska wyznacza się z pomiarów lizymetrycznych [9], szybkości przesuwania się frontu zanieczyszczeń [5], z danych literaturowych [2] lub z zależności natężenia wód odpływających z mikroskładowiska od czasu, przy znanej intensywności zraszania, przy czym:

$$F = I - Q_{\max}/S \quad /9/$$

gdzie:

Q_{\max} - maksymalne natężenie wód odpływających z mikroskładowiska /m³/min/,

S - powierzchnia mikroskładowiska /m²/,

I - intensywność zraszania /mm/min/,

F - szybkość filtracji /mm/min/.

Natężenie wód, q /l/, odpływających z 1 m² powierzchni składowiska po wystąpieniu opadu o intensywności, I /l/, wyznacza się jako:

$$q/i/ = 0 \text{ gdy } \sum_{i=1}^{i=b} I/i/ \cdot \Delta t \leq R + E_m \cdot \Delta t \cdot b \text{ przy } 1 \leq b \leq c \quad /10/$$

$$q/i/ = I/i/ - E_m - F - /F_0 - F/ \cdot e^{-\alpha/i-a/} \quad /11/$$

gdzie:

t - czas od rozpoczęcia opadu /min/

Δt - wielkość przedziału czasowego /min/

i - kolejny numer przedziału czasowego od rozpoczęcia opadu,

$$i = \frac{t}{\Delta t} - 1, \quad /12/$$

T - czas trwania opadu /min/

c - ilość przedziałów czasowych trwania opadu deszczu

$$c = \frac{T}{\Delta t}, \quad /13/$$

$I/i/$ - natężenie opadu deszczu w i -tym przedziale czasowym /mm/min/

$$E_m = \frac{E_d}{24 \cdot 60} \quad /14/$$

F_0 - szybkość infiltracji w chwili zapełnienia retencji powierzchniowej, /mm/min/, wyznaczona w próbach zraszania mikroskładowiska, jako

$$F_0 = I - F - E_m \quad /15/$$

α - współczynnik recesji, wyznaczony w zależności

$$F/i/ = F_0 \cdot e^{-\alpha \cdot i} \quad /16/$$

$F/i/$ - szybkość infiltracji w i -tym przedziale czasowym, /mm/min/

a - ilość przedziałów czasowych od rozpoczęcia opadu do zapełnienia retencji powierzchniowej

$$a = \frac{T_a}{\Delta t} \quad /17/$$

Dla wyznaczenia zmian natężenia wód odpływających z powierzchni składowiska powierzchnię tę należy przybliżyć do kształtu prostokąta [6], koła [7] itp.

W przypadku zlewni zurbanizowanych często przyjmuje się model Wooding'a, tzw. "otwartej książki" [8].

Zakładając, że składowisko o powierzchni S ma kształt kolisty, charakteryzuje się stałym spadkiem powierzchni S_0 od środka tego koła do obwodu, to dzieląc powierzchnię składowiska /koła/ na n pasów oraz k wycinków możemy wyznaczyć objętość wód odpływających z powierzchni składowiska w i -tym przedziale czasowym, $Q_{s,i}/$, jako:

$$O_g/n, i/ = k \cdot O/n, i/ \quad /18/$$

gdzie:

$O/n, i/$ - objętość wód odpływających w i -tym przedziale czasowym z jednego wycinka składowiska $/m^3/$

$$O/n, i/ = \frac{W/n, i/}{I} \cdot Q/n, i/ \quad /m^3/ \quad /19/$$

$Q/n, i/$ - objętość wód na powierzchni jednego wycinka składowiska w jego n -tym pasie w i -tym przedziale czasowym $/m^3/$

$$Q/j, i/ = S/j/ \cdot q/i/ + O/n-1, i-1/ + Q/n, i-1/ - O/n, i-1/ \quad /20/$$

$$W/j, i/ = V/j, i/ \cdot \Delta t \text{ przy zachowaniu warunku, że } W/j, i/ \gg 1 /m/ \quad /21/$$

l - szerokość pasa $/m/$

$$l = \frac{100V}{n} \sqrt{\frac{S}{k}} \quad /22/$$

S - powierzchnia składowiska $/ha/$

$q/i/$ - ilość wód $/netto/$ doprowadzonych w i -tym przedziale czasowym na powierzchnię $1 m^2$ składowiska przy uwzględnieniu ilości opadających wód deszczowych, szybkości parowania i infiltracji $/m^3/m^2/$

$S/j/$ - powierzchnia j -tego pasa w obrębie jednego wycinka składowiska $/m^2/$

$$S/j/ = \frac{S \cdot l \cdot j - 1/}{k \cdot j} \cdot 10^4 \quad /m^2/ \quad /23/$$

$O/j, i/$ - objętość wód odpływających $/w$ obrębie wycinka/ z powierzchni j -tego pasa w i -tym przedziale czasowym

$$O/j, i/ = \frac{W/j, i/}{I} \cdot Q/j, i/ \quad /m^2/ \quad /24/$$

Odpowiednio dla wycinka w 1 -ym $/\text{órodkowym}/$ pasie składowiska, w 1 -ym przedziale czasowym zachodzi:

$$Q/1, 1/ = S/1/ \cdot g/1/ \quad /m^3/min/ \quad /25/$$

$$O/1, 1/ = \frac{W/1, 1/}{I} \cdot Q/1, 1/ \quad " \quad /26/$$

Prędkość przepływu wód po powierzchni $v/j, i/$ w $/m/min/$ j -tego pasa w i -tym przedziale czasowym, obliczyć można np. z równania Manninga:

$$v/j, i/ = n_M^{-1} \cdot R_H^{2/3} /j/ \cdot S_n^{1/2} /j, i/ \cdot 60 \quad /27/$$

gdzie:

n_M - współczynnik szorstkości Manninga,

$S_n/j, i/$ - spadek linii zwierciadła wody w j -tym pasie i -tym przedziale czasowym,

$R_H/j, i/$ - promień hydrauliczny $/m/$ w j -tym pasie, w i -tym przedziale czasowym, przy czym

$$R_H/j, i/ = \frac{H/1, i/}{j \cdot 1, i/} \quad /28/$$

w którym $H/j, i/$ - głębokość wód na powierzchni j -tego pasa
w i -tym przedziale czasowym, $/m/$

$$H/j, i/ = \frac{Q_1/j, i/}{S/j} \cdot \Delta t \quad /29/$$

Gdy warstwa składowanych odpadów charakteryzuje się dobrą przepuszczalnością, a podłoże jest trudno przepuszczalne, należy się liczyć z odpływem wód ze składowiska po powierzchni podłoża. W przypadku składowiska o kształcie kolistym $/j.w./$ i jednorodnej jego budowie objętość wód odpływających z niego $Q_1 /m^3/$ po podłożu wynosi w i -tym przedziale czasowym:

$$Q_1 = 2 \pi [P - V \cdot \Delta t / i - \frac{1}{2} /] [H - R / - F \cdot / i - \frac{1}{2} / \Delta t] \cdot \frac{V \cdot \Delta t}{1000} \quad /30/$$

gdzie:

P - promień podstawy składowiska $/m/$

$$P = 100 \sqrt{S/a} \quad /31/$$

H - wysokość opadu, $/m/$,

R - retencja powierzchniowa odpadów, $/m/$,

F - szybkość filtracji w warstwie podłoża, $/m/d/$,

V - prędkość przepływu wód w warstwie odpadów w kierunku skraju składowiska może być wyznaczona np. z równania Darcy:

$$V = k \cdot d \quad /32/$$

gdzie:

k - współczynnik filtracji odpadów $/m/d/$,

d - spadek hydrauliczny.

Powyższe wyliczenia dotyczą składowisk zapełnionych odpadami lub przypadku, gdy w trakcie zapełniania składowiska odpady zwałowywane są równomiernie na całej jego powierzchni. Należy się spodziewać, że w przypadku tzw. "pionowego" składowania odpadów, tj. od razu na pełną wysokość mogą odpływać inne ilości wód niż przy wyżej omówionym składowaniu "poziomym". Również należy się spodziewać innego rozkładu objętości wód odpływających ze składowiska w czasie jego zapełnienia. Rozróżnienia takiego dokonano przy rozpatrywaniu składowiska w Chorzwowie [3], w którym ponadto wyszczególniono odpływ natychmiastowy wód ze stawów zalegających na powierzchni składowiska i połączonych z odbiornikiem i stosunkowo wolny odpływ z pozostałej części składowiska.

Natężenie odpływu wód ze składowisk do wód podziemnych wyznacza się w oparciu o bilans wód, w którym stratami są: parowanie i spływ powierzchniowy. Prędkość filtracji wód przez utwory geologiczne zalegające pod składowiskami i parowanie z powierzchni składowiska wyznacza się jak wyżej. Wydatek wody infiltrującej przez składowisko - Q_s wyznacza się zgodnie z prawem Darcy'ego wg wzoru:

$$Q_s = P_s \cdot v \quad /33/$$

w którym:

P_B - powierzchnia składowiska $/m^2/$

v - prędkość filtracji przez utwory geologiczne $/m \cdot s^{-1}/$.

Istotnym zagadnieniem jest ustalenie udziału wód odpływających ze składowiska do zasobów wód podziemnych przepływających w obrębie zlewni. Natężenie przepływów wód podziemnych - Q w zlewni o powierzchni F można wyznaczyć z równania:

$$Q = F \cdot H \cdot \alpha \quad /34/$$

w którym:

H - wielkość rocznych opadów atmosferycznych $/m/$

α - współczynnik infiltracji opadów w głąb górotworu.

Przy prognozowaniu wpływu składowisk na wody podziemne wyznacza się również czas przejścia zanieczyszczeń z podłoża składowiska do warstw wodonośnych, stosując wzór:

$$T = \frac{M}{V} \quad /35/$$

T - czas przejścia zanieczyszczeń $/s/$

M - miąższość utworów geologicznych $/m/$

V - prędkość filtracji przez utwory geologiczne $/m \cdot s^{-1}/$.

Elementem prognozy, niezbędnym do wyznaczenia funkcji emisji zanieczyszczeń ze składowiska do wód podziemnych, jest oszacowanie czasu oddziaływania składowiska. Wyznacza się go z równania:

$$t_c = \frac{L \cdot M_0}{V_0 / c_s - c_p} \quad /36/$$

w którym:

t_c - czas ługowania zanieczyszczeń z odpadów $/s/$

L - grubość warstwy składowanych odpadów $/m/$

M_0 - zawartość związków rozpuszczonych w odpadzie $/kg/m^3/$

V_0 - prędkość przepływu wód przez składowisko $/m/s/$

c_s - stężenie równowagowe /nasylenia/ w odcieku ze składowiska $/kg/m^3/$

c_p - stężenie w wodzie podziemnej wokół składowiska "tło" $/kg/m^3/$.

Należy podkreślić, że proces migracji zanieczyszczeń ze składowisk odpadów do wód jest złożony i wieloczynnikowy. Matematyczne modelowanie tego procesu jest jeszcze dalekie od ostatecznego sformułowania, dlatego przy badaniu tych procesów dąży się do teoretycznego opisu zjawisk, uwzględniając warunki geologiczne, hydrogeologiczne i klimatyczne terenu składowiska.

2. Prognozowanie jakości wód odpływających ze składowisk

Prognozowanie jakości wód odpływających ze składowiska jest nieodłącznie związane z drogą ich odpływu i w konsekwencji ze sposobem prognozowania ilości wód odpływających ze składowiska.

2.1. Prognoza jakości wód spływających z powierzchni składowisk

Większość składowisk odpadów charakteryzuje się dobrą przepuszczalnością. Przykładami składowisk o małej przepuszczalności warstwy są składowiska fosfogipsów i pyłów lotnych składowanych metodą naskowdną, tzw. emulgatu. Badania jakości wód odpływających z powierzchni warstwy fosfogipsów prowadził Rydzyński [6], natomiast IKS Katowice zajmuje się wyznaczaniem jakości wód spływających z powierzchni emulgatu [5]: oznaczano jakość wód opadowych i wód odpływających z mikroskładowiska emulgatu w następstwie zraszania jego powierzchni. Z wyników tych badań wyznaczono zależności stężeń zanieczyszczeń od:

- objętości wód deszczowych spływających z powierzchni mikroskładowiska,
- wysokości opadu, czasu jego trwania, intensywności w przedziale 10 minut i intensywności w przedziale 30 minut,
- natężenia wód spływających z powierzchni mikroskładowiska w czasie jej zraszania,
- sumarycznej objętości wód spływających z powierzchni mikroskładowiska w czasie jej zraszania.

W trakcie badań stwierdzono zmiany w przepuszczalności powierzchniowej warstwy emulgatu w miarę upływu czasu od momentu jej wylania. Zmiany takie obserwowano również w ilości zanieczyszczeń wymywanych w wodach deszczowych. Z uwagi na to jednak, że składowisko zapełnia się kolejnymi warstwami emulgatu, można przyjąć, że jego powierzchnia charakteryzuje się jednakowymi własnościami w całym okresie jego eksploatacji. Przy takim założeniu do prognozowania jakości wód spływających z powierzchni składowiska emulgatu można przyjmować ww. proste zależności, wyznaczone dla świeżo wylanej warstwy. W najbliższym czasie przewiduje się skalibrowanie modelu do prognozowania jakości wód spływających z powierzchni składowiska emulgatu.

Model ten jest sprzężony z modelem symulującym odpływ wód z powierzchni składowiska /p.l/. Procedura wymywania zanieczyszczeń z jednostkowej powierzchni emulgatu jest identyczna jak w modelu opracowanym dla zlewni zurbanizowanej [8] i opiera się na równaniach:

$$C_{i/} = C_d \cdot I_{i/} \cdot 10^{-3} + m_{i-1/} \cdot \gamma \cdot \beta \cdot [I_{i/}]^{\delta} \cdot \left\{ 1 - \exp -\beta [I_{i/}] \right\} \quad /37/$$

$$m_{i/} = m_{i-1/} - C_{i/} + C_d \cdot I_{i/} \cdot 10^{-3} \quad /38/$$

gdzie:

$t/i/$ - masa zanieczyszczeń odprowadzana z 1 m^2 powierzchni emulgatu w wodach deszczowych $/g/$,

C_d - stężenie zanieczyszczeń w wodzie deszczowej $/g/m^3/$,

$m/i/$ - masa zanieczyszczeń dostępna do wymycia z 1 m^2 powierzchni emulgatu w i -tym przedziale czasowym $/g/$,

β - współczynnik szybkości wymywania $/mm^{-1}/$,

γ, δ - współczynniki, uwzględniające odmienne oddziaływanie wody ze zraszania i opadu deszczu na powierzchnię składowiska.

Stężenie zanieczyszczeń w wodzie deszczowej C_d wyznacza się z pomiarów lub na podstawie danych literaturowych. Masa zanieczyszczeń dostępna przed opadem /zraszaniem/ na powierzchni składowiska zmienia się nie tylko z czasem od wylania warstwy emulgatu, ale również zależy od innych czynników takich jak czas od poprzedniego opadu, temperatura itp. Dostępne do wymycia masy zanieczyszczeń, $/m/o/$, i współczynniki szybkości ich wymywania wyznacza się poprzez zraszanie mikroskładowisk ze stałym natężeniem i oznaczanie zmian stężeń w wodzie odpływającej z powierzchni emulgatu w czasie zraszania.

Współczynniki γ i δ można wyznaczyć w czasie kalibrowania modelu oznaczając stężenia zanieczyszczeń w wodach odpływających ze składowiska, w czasie opadów deszczu.

2.2. Prognoza jakości wód spływających ze składowisk po trudno przepuszczalnym podłożu

W IKS wyznaczano jakość wód odpływających z dwóch składowisk posadowionych na trudno przepuszczalnym podłożu [3,7]. Prognozowanie jakości wód odpływających z tych składowisk objęło:

- wyznaczenie ilości wód odpływających ze składowisk do wód powierzchniowych,
- ustalenie wielkości emisji zanieczyszczeń z odpadów do wody,
- ustalenie stężeń granicznych /nasycenia/ dla poszczególnych rodzajów zanieczyszczeń.

Wyznaczanie ilości wód odpływających ze składowisk do wód powierzchniowych przedstawiono w p.1. Emisję zanieczyszczeń z odpadów do wody ustala się poprzez zalanie próbek odpadów znaną objętością wody i oznaczanie zmian stężeń zanieczyszczeń w czasie. Stężenie graniczne dla poszczególnych rodzajów zanieczyszczeń określa się na podstawie dynamiki ługowania odpadów w kolumnach,

W jednej z prac [3] oznaczano zawartość zanieczyszczeń w poszczególnych odpadach i przy znanej szybkości ich składowania wyznaczono szybkość gromadzenia się na składowisku składników wymywalnych. Na składowisku prowadzono bilansowanie ładunków zanieczyszczeń uwzględniając:

- szybkość składowania zanieczyszczeń,

- emisję zanieczyszczeń z odpadów do wód infiltrujących do warstwy podłoża,
- emisję zanieczyszczeń z odpadów do wód stawów,
- dopływ ładunków zanieczyszczeń z wód stawów do warstwy odpadów w czasie zraszania składowiska,
- zrzut ładunków zanieczyszczeń ze stawów do odbiornika.

W prowadzonym bilansowaniu ładunków zanieczyszczeń uwzględniono różnice pomiędzy stężeniami w wodach dopływających do warstwy odpadów i stężeniami granicznymi. Przyjęto ponadto stężenia zanieczyszczeń w wodach dopływających do stawów z powierzchni nie pokrytej odpadami jako równe stężeniom obserwowanym w stawach przed rozpoczęciem składowania.

Analizą objęto dwa warianty składowania odpadów:

- "poziome", czyli od razu na całej powierzchni,
- "pionowe" składowanie odpadów od razu na pełną wysokość.

2.3. Prognoza jakości zanieczyszczonych wód składowiska do wód podziemnych

Stężenia zanieczyszczeń u podstawy składowiska wyznacza funkcja emisji, której ogólna postać przedstawia się następująco [10]:

$$E = f / Q_s \cdot c_i \cdot t_c / \quad /39/$$

E - wielkość emisji zanieczyszczeń do wód,
 Q_s - wydatek wody infiltrującej przez składowisko,
 c_i - stężenia równowagowe zanieczyszczeń,
 t_c - czas oddziaływania składowiska.

Wyznaczenie ilości wód infiltrujących przez składowisko i czas jego oddziaływania podano w punkcie 1. Stężenia równowagowych zanieczyszczeń wyznacza się doświadczalnie w lizymetrach lub oblicza się z pomocą termodynamicznego modelu równowag jonowych [10].

Znając wielkość emisji zanieczyszczeń do wód podziemnych i natężenie przepływu wód podziemnych można określić przyrosty stężeń zanieczyszczeń w wodach gruntowych w otoczeniu składowiska, a tym samym wnioskować o wielkości zagrożenia czystości wód.

LITERATURA

- [1] J.Lambor - Hydrologia inżynierska. Arkady, Warszawa 1971.
- [2] Z.Pazdro: Hydrogeologia ogólna. Wyd.Geologiczne, Warszawa, 1980.
- [3] J.M.Łączny i inni: Wpływ projektowanego w Chorzowie - Bytomiu składowiska odpadów przemysłowych na jakość wód powierzchniowych i podziemnych. IKS O, Katowice, 1983.
- [4] B.Blechert: "Oszacowanie wpływu skały płonnej z KWK "Andaluzja" na jakość wód podziemnych" IKS, Katowice, 1984.

- [5] J.M. łączny i inni: Ocena oddziaływania emulgatu popiołowo wodnego na środowisko naturalne w rejonie jego składowania na drodze badań terenowych. IKS, Katowice 1984.
- [6] R. Rydzyński: Badania rozkładu ładunków zawieszony w spływie ze składowiska fosfogipsów. Człowiek i Środowisko, 1983, 1-2.
- [7] S. Ryborz i inni: Opinia nt. Uciążliwości projektowanych składowisk odpadów przy szybie Waleska i Skalny w łaziskach Górnych. NOT Zespół Usług Technicznych, Katowice, 1984.
- [8] B. Blechert, W. Mill: Wyznaczanie stężeń zanieczyszczeń w ściekach opadowych odpływających z ferm hodowlanych. IKS, Katowice, 1981.
- [9] S. Ryborz i inni: Zagrożenie wód w rejonie składowiska odpadów Huty Katowice - Bór Wschód. IKS O, Katowice, 1983.
- [10] J.M. łączny: Model emisji zanieczyszczeń ze składowisk odpadów stałych do wód podziemnych. V Konferencja naukowa: Matematyczne modelowanie ujęć wody podziemnej. Politechnika Krakowska, Instytut Inżynierii Sanitarnej i Ochrony Środowiska Janowice k. Tarnowa, 17-19 wrzesień 1984.

QUALITY ASSESSMENT OF WATER RUNNING OFF INDUSTRIAL
DUMPING SITES

S u m m a r y

Methods of determining of quantity and quality of waters running off industrial dumping sites are presented: procedures describing runoff and pollutants washloads discharged from impervious solid wastes and through the impervious support of dumping sites and leaching to the underground waters.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОД СТЕКАЮЩИХ СО СВАЛОК
ПРОМЫШЛЕННЫХ СБОСОВ

Р е з ю м е

В реферате представлены методы определения количества и качества вод стекающих со свалок промышленных сбросов. Оговорены процедуры описывающие сток вод и загрязнений с поверхности сбросов трудно пропускающих воду и по трудно пропускающему основанию свалки. Учтено также просачивание вод в подземным водам.