

PRZYRODNICZE ZAGOSPODAROWANIE ODPADÓW I ZIEMI PRZEMIESZCZANEJ TECHNICZNIE

Jan Siuta, Grażyna Wasiak

Instytut Kształtowania Środowiska, Warszawa

WPROWADZENIE

Uboczne produkty gospodarczej i bytowej działalności człowieka nazywamy odpadami w szerokim tego słowa znaczeniu. Są one bardzo różnorodne pod względem genezy i właściwości oraz gromadzenia i struktury przestrzennej występowania w krajobrazie.

Pojęcie odpadu jest kategorią względną, ponieważ większość produktów ubocznych może być wykorzystywana jako surowce towarzyszące i wtórne. O możliwościach zagospodarowania takiego czy innego odpadu decydują nie tylko jego właściwości, lecz szereg czynników natury przyrodniczej, techniczno-ekonomicznej, sanitarnej, estetycznej, a także wielkość masy odpadowej. Niektóre produkty uboczne są cennymi surowcami wtórnymi, a mimo to nie przestają być uciążliwymi odpadami. Przyczyny tego stanu rzeczy są różne, ale podstawowa wynika stąd, że wytwarzanie mas odpadowych przewyższa wielokrotnie ich zapotrzebowanie. Przykładem tego mogą być drobnoziarniste frakcje popiołów elektrownianych z węgla brunatnego w Konińskim Zagłębiu Przemysłowym i budowanym obecnie Zagłębiu Bełchatowskim, których wartość nawozowa jest równa lub wyższa od wartości tradycyjnych nawozów wapniowych [2].

Analogicznie rzecz przedstawia się z odpadami gospodarki komunalnej, które obfitują w cenione przez rolnictwo nawozy organiczne. Koncentracja produkcji, a ściślej rzecz biorąc wzrost masy produktów ubocznych, jest często powodem trudności w zagospodarowaniu tego, co jeszcze wczoraj było cennym surowcem wtórnym. Z drugiej zaś strony, ewolucja technologii oraz duże zaangażowanie środków technicznych i finansowych pozwalają na zupełnie nowe rozwiązania, czyniące z dotychczasowych odpadów wartościowe surowce lub masy ziemne służące do odpowiedniego kształtowania poszczególnych elementów krajobrazów, a nawet całych ich struktur. Tak szerokie pojmowanie gospodarki odpadami

usprawiedliwia tytuł niniejszego opracowania. Pod pojęciem przyrodniczego zagospodarowania odpadów (wraz z masami ziemnymi przemieszczanymi w całokształcie procesów inwestycyjnych) rozumie się wykorzystanie ich:

- a) do nawozowego i melioracyjnego użyźnienia gleb na terenach rolnych, leśnych, wypoczynkowych, zurbanizowanych i przemysłowych;
- b) do rekultywacji gruntów bezglebowych;
- c) do geomechanicznej przebudowy tekstury gleby i kształtowania rzeźby terenu, oraz
- d) takie składowanie odpadów, które nie degraduje krajobrazu oraz ekologicznych i produkcyjnych walorów przestrzeni rolno-leśnej.

Pojęcie przyrodniczego zagospodarowania odpadów ma — jak się wydaje — sens głębszy. Wyznacza ono bowiem zasady racjonalnego postępowania z odpadami nawet wtedy, kiedy nie mają one wartości bezpośrednio użytecznej [14].

Możliwości przyrodniczego zagospodarowania odpadów są na terenie Polski wyjątkowo duże. Nie będzie przesadą twierdzenie, że już w niedalekiej przyszłości przyrodnicze zagospodarowanie odpadów będzie częściowo rekompensowało ubytki potencjału produkcyjnego gleb, wynikające z konieczności przekazywania części gruntów na cele nierolnicze i nieleśne.

RODZAJE, WŁAŚCIWOŚCI I MASY ODPADÓW

Poligenetyczny charakter odpadów gospodarczych i bytowych oraz różnorodność ich fizycznych i chemicznych właściwości są dużym utrudnieniem w opracowaniu jednolitej, konsekwentnej klasyfikacji. W praktyce stosuje się uproszczone, robocze podziały odpadów. Tradycyjnie wyróżnia się odpady: przemysłowe, komunalne i rolnicze. Podział ten, uzasadniony dawniej, obecnie traci swoje podstawy. Pojęcie odpadów przemysłowych jest rozciągliwie. Mieści ono coraz to nowe rodzaje odpadów, które dawniej zaliczano w sposób niekwestionowany do takich branż, jak: rolnictwo, gospodarka komunalna, tradycyjna (nieprzemysłowa) eksploatacja surowców mineralnych, budownictwo itp.

W dobie dynamicznego rozwoju przemysłowych form wszelkiego budownictwa, a także uprzemysłowienia produkcji roślinnej i zwierzęcej przymiotnik „przemysłowy” zaczyna stosować się niemal do każdej produkcji realizowanej według nowoczesnych technologii. Przykładem tego są przemysłowe ферmy produkcji zwierzęcej, dostarczające olbrzymich mas gnojowicy, tak uciążliwych dla środowiska. Podobnie chemizacji rolnictwa towarzyszą duże masy odpadów pochodzenia przemysłowego w postaci różnorodnych opakowań.

Z punktu widzenia ekologicznego nie pochodzenie, lecz fizyczne, chemiczne, biologiczne i sanitarne właściwości odpadów mają pierwszoplanowe znaczenie. Z drugiej zaś strony, nie dysponujemy obecnie zadowalającym systemem ilościowej i jakościowej ewidencji odpadów w aspekcie możliwości ich przyrodniczego zagospodarowania.

Ze względu na branżowy charakter ewidencji odpadów, jak też początkową fazę rozwoju inżynierii ekologicznej na skalę przemysłową, nie można określić dokładnie wielkości zasobów substancji odpadowych, według ich przydatności do użyźnienia gleb i melioracji krajobrazu. Bilans byłby zresztą niepełny, a nawet daleki od wielkości rzeczywistych, ponieważ olbrzymie masy ziemi przemieszczanej we wszelkiego rodzaju budownictwie, a także w górnictwie odkrywkowym nie są ujmowane w systemie ewidencji odpadów. Część odpadów znajduje zastosowanie w gospodarce narodowej, ale podstawowe ich masy muszą być składowane na terenach zurbanizowanych, przemysłowych i rolno-leśnych. Straty powodowane przez składowanie odpadów nie sprowadzają się do powierzchni wyłączonych z odpowiedniego użytkowania. Mamy tu bowiem do czynienia z wielorakimi, negatywnymi oddziaływaniami na atmosferę, glebę, wodę gruntową, szatę roślinną i faunę.

Skala ujemnego oddziaływania zależy tylko częściowo od właściwości odpadów w stanie początkowym. O wiele większy wpływ ma tu sam sposób wkomponowania tych odpadów w organizm środowiska przyrodniczego, zwłaszcza gruntowego.

WYTWARZANIE I WŁAŚCIWOŚCI ODPADÓW KOMUNALNYCH

Charakter zabudowy (niska, wysoka) miejskiej, wyposażenie budynków w urządzenia techniczno-sanitarne (w tym głównie sposobu ogrzewania) i stopa życiowa mieszkańców mają decydujący wpływ na skład i przydatność rolniczą odpadów komunalnych. W niektórych miastach Polski od wielu lat prowadzi się ilościowe i jakościowe badania odpadów komunalnych. Pełne badania w cyklu dziesięcioletnim przeprowadzono w: Bielsku-Białej, Bydgoszczy, Lublinie, Poznaniu, Szczecinie i Warszawie, Wałbrzychu i Zakopanem. Z badań tych wynika, że zawartość substancji organicznych waha się w granicach 39-47%. Najczęściej wynosi ona około 45%. Udział substancji organicznych decyduje też o zawartości azotu (0,53-0,87%), fosforu (0,45-0,88%) i potasu (0,14-0,38%).

Bardzo duży udział części mineralnych (53-67%) wynika stąd, że około 30% odpadów komunalnych stanowi popiół z małych palenisk. Udział odpadów kuchennych wynosi około 25%, papieru 20%, a pozostałe odpady organiczne (szmaty, skóra, drewno, guma) około 8%.

Udział metali wynosi średnio około 3%, a szkła 5%. Warto nadmienić, że skład jakościowy odpadów nie zmienił się w sposób istotny w ciągu ostatniego dziesięciolecia. Odpady komunalne z wielokondygnacyjnych nowoczesnych osiedli zawierają do 60% substancji organicznej. Najniższe zawartości substancji organicznej stwierdzono w odpadach z osiedli domów jednorodzinnych. Wynika to głównie z odmiennej gospodarki odpadami paleniskowymi.

Ponieważ nowoczesne urządzenia techniczno-sanitarne mają zastosowanie we wszystkich nowych osiedlach, to oczekiwać należy dalszej poprawy wartości nawozowej odpadów komunalnych.

Masy odpadów komunalnych

Konieczność stałego utrzymywania czystości miast zmusza gospodarke komunalną do starannego planowania potrzeb finansowych i technicznych. Z tego względu ma ona stosunkowo dokładnie opracowane wskaźniki wytwarzania odpadów komunalnych przez jednego mieszkańca miasta, zarówno w relacji dnia dzisiejszego, jak też w perspektywie lat dalszych (tab. 1).

Tabela 1

Prognozowana dynamika wzrostu masy odpadów komunalnych do roku 1990

Czynniki	Lata				Wskaźniki wzrostu w stosunku do roku 1970		
	1970	1975	1980	1990	1975	1980	1990
Ludność miejska w mln	17,1	18,5	20,1	23,5	103	108	118
Wskaźnik odpadów w m ³ /M/rok	0,91	1,09	1,32	1,86	120	145	204
Nagromadzenie odpadów w mln m ³ /rok							
miasta	15,4	20,1	26,6	43,8	131	173	284
wsie zurbaniz.	—	—	0,1	3,8	—	—	—
Globalne nagromadzenie odpadów w mln m ³ /rok	15,4	20,1	26,7	47,6	131	174	284

Wynika z nich, że w roku 1975 objętość odpadów komunalnych wynosiła ponad 20 mln m³. Do roku 1980 wzrosła około 6,6 mln m³. W kolejnym dziesięcioleciu (1980-1990) przewiduje się duże tempo wzrostu masy odpadowej. Sam przyrost w tym dziesięcioleciu (20,9 mln m³) przewyższy globalną produkcję odpadów z roku 1975 (20,1 mln m³) [5]. Jest to oczywiście prognoza, lecz rzeczywistość nie odbiegnie od niej w sposób zasadniczy. Skoro tak, to nie sposób nie zdawać sobie sprawy z eko-

nomicznych i środowiskowych konsekwencji lawiny narastających odpadów. Mogą one bowiem zaśmiecić nam nie tylko miasta, lecz zdegradować także estetyczne i sanitarne walory środowiska. Mogą one być również istotnym narzędziem w walce z innymi czynnikami szkodliwymi dla środowiska przyrodniczego.

Sposoby unieszkodliwiania odpadów komunalnych

Gospodarka odpadami komunalnymi w naszym kraju jest daleka od stanu pożądanego. Niemal całość tych odpadów wywozi się na ponad 850 wysypisk, zajmujących blisko 2100 ha gruntów. Ze względu na prymitywny sposób urządzenia i eksploatacji wysypiska te są uciążliwe, zwłaszcza dla okolicznych mieszkańców. O stanie wysypisk świadczą następujące dane: około 43⁰/o nie ma ogrodzenia, 49⁰/o nie ma dróg dojazdowych o ulepszonej nawierzchni, 31⁰/o wysypisk nie dysponuje niezbędnymi budynkami, 47⁰/o wysypisk wymaga odpowiednich niwelacji terenu.

Nieliczne tylko miasta mają należycie urządzone i eksploatowane wysypiska. Na przykład: Gdynia, Lublin i Szczecin, przy czym naprawdę nowoczesne wysypisko ma jedynie Lublin. Zlokalizowano je w Jawidzu, położonym około 20 km od miasta. Wysypisko to ukształtowano w wyrobisku po eksploatacji kruszywa, a jego dno uszczelniono wykładziną z folii, podobnie jak czasę zbiornika Sulejowskiego. Ma to chronić wody gruntowe przed ewentualnym skażeniem. Organizuje się tu kompleksowe badania wpływu wysypiska na stan sanitarny wód gruntowych, gleby i roślin.

Na wyniki tych badań trzeba jeszcze poczekać. Nie dadzą one zresztą wyczerpującej odpowiedzi na liczne pytania, ponieważ odnosić się będą wyłącznie do miejscowego układu warunków hydrogeologicznych i glebowych. W odmiennych warunkach geologicznych możemy mieć zgoła inny sposób oddziaływania zwałowisk na środowisko.

Eksploatacja wysypisk sanitarnych, typu Jawidz, wymaga kosztownego sprzętu, budowy dróg utwardzonych i zaplecza gospodarczego. Zaangażowanie środków technicznych na tego rodzaju wysypiskach można przyrównać do obiektów przemysłowej eksploatacji kruszywa.

WYTWARZANIE I WŁAŚCIWOŚCI OSADÓW OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW

Ścieki skupiają duży odsetek najbardziej aktywnych form odpadów bytowych i przemysłowych. Stanowią one bardzo duże zagrożenie dla środowiska wodnego. Stwarza to konieczność oczyszczania ścieków. Można wyróżnić trzy rodzaje oczyszczania ścieków: mechaniczne, biologiczne, chemiczne.

W odniesieniu do ścieków komunalnych (mieszanych) i niektórych przemysłowych (zwłaszcza przemysłów rolno-spożywczych i drzewnego) wymienione rodzaje są zarazem kolejnymi stopniami oczyszczania.

Najbardziej podstawowe jest oczyszczenie ścieków z cząstek dających się wydzielić na drodze sedymentacji. Stąd wywodzi się nazwa — oczyszczanie mechaniczne. Wiadomo jednak, że ścieki bytowe i przemysłowe obfitują w zawiesiny koloidalne oraz rozpuszczalne związki organiczne i mineralne, których nie da się wydzielić bezpośrednio na drodze sedymentacji. Stanowią one natomiast pożywkę dla bakterii, których dynamiczny rozwój tworzy zawiesiny, dające się oddzielić od ścieku uwolnionego od nadmiaru roztworów koloidalnych i rzeczywistych. Mówimy wtedy o biologicznym oczyszczaniu ścieków. Niektóre ścieki przemysłowe nie zawierają zawiesin, obfitują natomiast w różnego rodzaju sole, które mogą być bardzo uciążliwe, a nawet wybitnie toksyczne dla środowiska. Jeśli ścieki zawierają sole pokarmowe dla roślin, to mogą być oczyszczane biologicznie — metodą osadu czynnego (bakterie) lub hodowli roślin zielonych (w tym głównie glonów).

Niektóre sole rozpuszczone w ściekach można wytrącać na drodze chemicznej, a następnie wydzielać je w postaci osadów.

W procesach oczyszczania ścieków, a także uzdatniania wody dla celów konsumpcyjnych i przemysłowych wytwarza się określone ilości i jakości osadów, które stanowią kolejne ogniwa presji cywilizacji na środowisko. Wytwarzanie coraz to większych mas i objętości osadów ściekowych rodzi nowy niezwykle istotny problem natury ekologicznej, sanitarnej, techniczno-ekonomicznej i społecznej.

Obecnie nie można już projektować, a tym bardziej realizować oczyszczalni ścieków bez odpowiedniego programu zagospodarowania osadu. Mimo oczywistości powyższej tezy dzisiejsza rzeczywistość jest daleka od jej respektowania. Ekologiczne i techniczno-ekonomiczne skutki tego stanu rzeczy są często sprzeczne z założeniami budowy nowoczesnych oczyszczalni ścieków. Przykładem tego może być sprzeczność pomiędzy odpowiednio dużą sprawnością oczyszczania ścieków z jednej strony, a względami ekonomicznymi oczyszczalni z drugiej. Otóż, im większa jest sprawność oczyszczania ścieków, tym więcej wytwarza się osadu. Jeżeli nie ma określonego programu gospodarowania osadem ściekowym i przez to stanowi on uciążliwość dla otoczenia, to kierownictwo oczyszczalni, które ponosi techniczno-ekonomiczne konsekwencje, nie może być zainteresowane w osiąganiu, a tym bardziej w podnoszeniu wskaźników stopnia oczyszczania ścieków. Wzrost produkcji osadu ściekowego pogarsza bowiem ekonomicznie wskaźniki przedsiębiorstwa, o czym wie dobrze cała jego załoga.

Osady z mechanicznego i biologicznego oczyszczania ścieków komunal-

nych, grupowych i niektórych przemysłowych mogą znaleźć duże zastosowanie do melioracyjnego użyźnienia gleb oraz rekultywacji gruntów bezglebowych na terenach rolno-leśnych i miejsko-przemysłowych. Chłonność terenu w stosunku do biologicznie wartościowych osadów ściekowych jest bardzo duża. Nie ma obawy, że produkcja osadów ściekowych może przekroczyć kiedyś chłonność gruntów w zasięgu uzasadnionym względami techniczno-ekonomicznymi.

Masy osadów ściekowych

Obecnie wytwarza się w Polsce około 200 tys. ton rocznie suchej masy osadów ściekowych (187,6 tys. ton w roku 1975). Masy te otrzymuje się z oczyszczania około $\frac{1}{3}$ wszystkich ścieków komunalnych i przemysłowych. Przewiduje się, że do roku 1990 objętość ścieków wzrośnie ponad dwukrotnie, w tym komunalnych z 2,28 do 8,04 mln m³/dobę (tab. 2) [10].

Sięgając wyobraźnią roku 2000 można założyć, że w ciągu ostatniego dziesięciolecia objętość ścieków komunalnych podwoi się w stosunku do

Tabela 2

Stan i prognoza gospodarki ściekowo-osadowej

Rodzaje ścieków i osadów		Lata			
		1975	1980	1985	1990
Ścieki odprowadzane do kanalizacji					
miejskiej w mln m ³	doba	5,4	6,7	9,2	12,6
	rok	1 952,8	2 690,0	3 480,0	4 584,4
w tym:					
— ścieki przemysłowe	doba	2,1	2,7	3,5	4,5
	rok	755,6	981,9	1 270,2	1 649,8
— ścieki bytowo-komunalne	doba	3,3	4,1	5,8	8,0
	rok	1 197,2	1 478,2	2 098,8	2 934,6
Wskaźnik ilości ścieków					
oczyszczonych w %	—	32	50	68	84
Ścieki oczyszczone	doba	1,7	3,4	6,3	10,5
	rok	624,9	1 230,0	2 290,0	3 850,8
Osad surowy o uwodnieniu	doba	0,03	0,05	0,09	0,16
98%	rok	9,4	18,5	34,4	57,8
Osad po fermentacji i odwodnieniu do 60%	doba	0,001	0,002	0,005	0,008
	rok	0,5	0,9	1,7	2,9
Sucha masa osadu po fermentacji					
i odwodnieniu					
w tys. ton	doba	0,5	1,0	1,9	3,2
	rok	187,6	369,4	686,9	1 155,6

roku 1990. Byłaby to jednak prognoza zbyt uproszczona, ponieważ nastąpią zapewne daleko idące modyfikacje w procesach wytwarzania ścieków i gospodarowania ich składnikami.

Krajowy program gospodarki wodnościekowej przewiduje duże nasilenie budowy instalacji oczyszczających ścieki. Zakłada się, że w roku 1980 około 50% ścieków będzie oczyszczanych. Wynika stąd, że w stosunku do roku 1975 wzrośnie dwukrotnie objętość ścieków oczyszczonych. W roku 1990 około 84% ścieków będzie oczyszczona. Można założyć też, że w roku 2000 wszystkie ścieki zostaną poddane daleko idącemu oczyszczeniu. W wyniku realizacji programów i prognoz oczyszczania ścieków będzie wzrastała produkcja osadów z 187,6 tys. ton w roku 1975 do 1,15 mln ton w roku 1990.

Osady ściekowe występują w różnych stanach skupienia. Wyjściowa ich forma ma konsystencję płynną, która zawiera średnio około 2% suchej masy. W tej postaci objętość osadów ściekowych wynosiła w roku 1975 około 9,4 mln m³. W ciągu 15 lat wzrośnie do około 57,8 mln m³. Łatwo wyobrazić sobie jak wielkie obszary byłyby niezbędne do odwadniania tych osadów na polach filtracyjnych i lagunach. Z tego też względu poszukuje się różnych sposobów odwadniania osadów. Nowoczesne sposoby pozwalają zmniejszyć zawartość wody w osadzie do około 60%. Zastosowanie odpowiednich sposobów odwadniania zredukowałoby objętość osadów do rzędu około 0,92 mln m³ w roku 1980 i 2,89 mln m³ w roku 1990.

Wynika z tego, że chcąc odwodniony osad składować na 2-metrowej wysokości przyzmach należałoby w roku 1990 przeznaczyć na ten cel około 150 ha gruntów.

Właściwości osadów ściekowych

Osady ściekowe mają konsystencję płynną o różnym stopniu uwodnienia. Można wyróżnić następujące postacie osadów: płynną, mazistą, ziemistą, suchą. Stopień uwodnienia trzech pierwszych postaci zależy od technologii oczyszczania ścieków oraz zagęszczania i przechowywania osadów. Stopień uwodnienia i konsystencja osadu ma istotne znaczenie dla technologii i ekonomiki utylizacji. Nie wpływa natomiast na wartość użytkową i biologiczną osadu, zwłaszcza trzech pierwszych postaci.

O przydatności osadu decydują w pierwszym rzędzie zawartość substancji organicznej i popielnej, azotu, fosforu, mikroelementów i substancji toksycznych. Generalnie rzecz biorąc można stwierdzić, że im większa jest zawartość substancji organicznej, tym lepszy jest osad ściekowy. W istocie chodzi o to, aby przy wysokiej zawartości substancji organicznej uzyskać odpowiedni stosunek węgla do azotu. W próchnicy gle-

bowej stosunek ten ma się jak 10-8 : 1. Nadmiar węgla organicznego w osadzie spala się szybko po wprowadzeniu go do gleby. Oznacza to, że im stosunek węgla do azotu jest szerszy, tym większą masę nieużytecznego węgla organicznego wprowadzamy do gleby. Osady ściekowe o dużej zawartości azotu są więc korzystniejsze od mało zasobnych w ten składnik.

Zawartość azotu waha się w bardzo szerokich granicach, począwszy od około 0,6% do ponad 5% w stosunku do suchej masy osadu. Tak duże wahania zawartości azotu nie występują w osadach z oczyszczalni grupowych, takich jakie projektuje się obecnie dla Łodzi, Warszawy i innych aglomeracji. Przeciętna zawartość azotu w tego rodzaju osadach wynosi około 2,5 (2,0-3,5%), przy korzystnym stosunku węgla do azotu (10-13 : 1).

Zawartość fosforu jest bardzo duża, jeżeli porównywać osady ściekowe z pozostałymi nawozami organicznymi. Maksymalne zawartości P_2O_5 osiągają niekiedy nawet 6% suchej masy osadu. Tak duża zawartość fosforu, podobnie zresztą jak azotu, jest szczególnie cenna dla ubogich w składniki pokarmowe gleb piaskowych.

Zawartość potasu w osadach ściekowych kształtuje się poniżej zawartości tego składnika w pozostałych nawozach organicznych z obornikiem włącznie. Nie jest to jednak wada zasadnicza, ponieważ potas, który jest bardzo łatwo wymywany z gleb piaskowych, można uzupełniać (w postaci nawożenia) stosownie do potrzeb uprawianych roślin.

Zawartość wapnia jest na ogół duża. Zależy ona jednak od udziału i charakteru ścieków przemysłowych. W niektórych przypadkach zawartość CaO przekracza nawet 10% suchej masy osadu. Zdarzają się i takie osady, w których zawartość wapnia jest wprost niedostateczna. Przykładem tego może być osad z Tarchomińskich Zakładów Farmaceutycznych „Polfa”. Bez odpowiedniego wapnowania osad ten nie nadaje się zupełnie do utylizacji rolniczej, gdyż zakwaszając silnie glebę degraduje jej aktywność biologiczną, mimo iż obfituje w związki azotu. Wystarczy osad ten odkwasić, a stanie się bardzo cenną substancją używaną. Stwierdzono to w doświadczeniach wegetacyjnych na glebach piaskowych.

Zawartość magnezu waha się w granicach 0,6-1,0%. Jest to wielkość zaspokajająca potrzeby roślin na ten składnik. Gospodarcze nawozy organiczne zawierają na ogół nie więcej niż 0,1% magnezu.

Wśród metali ciężkich występują zarówno cenne składniki pokarmowe, zwane mikroelementami, jak też składniki uciążliwe dla środowiska. Mikroelementy, jeżeli występują w nadmiernych ilościach, również stają się składnikami uciążliwymi (np. cynk i miedź). Do najbardziej uciążliwych zaliczamy: ołów, rtęć, chrom i kadm. W osadach ściekowych wy-

stępują też: detergenty, pestycydy, oleje i wielopierścieniowe związki aromatyczne. Te ostatnie wytwarza zresztą sama gleba.

Analizując w osadach zawartość substancji uciążliwych dla środowiska, należy pamiętać o następujących prawidłowościach: Po pierwsze, osad ściekowy zatrzymuje tylko niewielki procent związków uciążliwych dla środowiska. Pozostała część składników wędruje razem z oczyszczonym ściekiem do rzek i zbiorników wodnych. Po drugie, zatrzymane przez osad składniki są na ogół w różny sposób zespolone z organiczną i mineralną częścią osadu. Przez to ich aktywność jest dużo mniejsza aniżeli w roztworach. Zawdzięczamy to dużej aktywności fizykochemicznej kolidów organicznych, a także przemianom biochemicznym. Po trzecie, wprowadzone do gleby składniki podlegają różnorodnym procesom sorpcji fizykochemicznej, chemicznej i biologicznej. Część z nich przechodzi w formy słabo rozpuszczalne, co znakomicie zmniejsza lub likwiduje zupełnie ich ujemny wpływ na środowisko.

Gleba jest specyficznym laboratorium wielokierunkowych przemian z wysoce rozwiniętym systemem magazynowania i uruchamiania rezerw. Substancje humusowe wraz z bogatym światem mikroorganizmów pełnią tu rolę podstawową. Wprowadzając do gleby osad ściekowy, podnosimy na wyższy poziom sprawność funkcjonowania tego laboratorium.

WYTWARZANIE I WŁAŚCIWOŚCI ODPADÓW PRZEMYSŁOWYCH

Na podstawie źródłowych informacji wyliczono, że w roku 1973 wytworzono ponad 353 mln ton odpadów przemysłowych i komunalnych. Ostatnie stanowiły zresztą znikomy odsetek (około 8 mln ton). Wśród odpadów przemysłowych, substancje mineralne stanowiły około 86%. Głównymi producentami odpadów [1] w roku 1973 były następujące przemysły:

górnictwo i energetyczny — 62% (219 mln ton),

chemiczny — 11,7% (41 mln ton),

maszynowy — 7,5% (27 mln ton),

materiałów budowlanych wraz z budownictwem — 7,3% (26 mln ton).

Przyjmując za podstawę plan społeczno-gospodarczego rozwoju kraju na lata 1975-1980 oraz trend rozwoju perspektywicznego przewiduje się, iż w 1990 r. zostanie wytworzone ponad 560 mln ton odpadów (tab. 3). W bieżącej pięciolatce powstanie natomiast około 2,18 mld ton odpadów przemysłowych i około 43 mln ton komunalnych. Składowanie tej masy odpadów przy aktualnym poziomie ich gospodarki, wymagałoby blisko 12 tys. ha.

Ogólne wykorzystanie odpadów w gospodarce narodowej jest jeszcze stosunkowo małe. Wynosiło ono w roku 1973 nieco powyżej 17%, ale

wykorzystanie niektórych odpadów przemysłowych jest bardzo duże. Wysokie wskaźniki wykorzystania miały odpady wytwarzane przez przedsiębiorstwa skupione w resortach: przemysłu rolno-spożywczego, żeglugi, przemysłów lekkiego i ciężkiego oraz handlu i usług.

Niskie wskaźniki gospodarczego wykorzystania stwierdzono w odniesieniu do odpadów z: górnictwa i energetyki, chemii, komunikacji oraz budownictwa i materiałów budowlanych (tab. 3).

Kompleksowe zagospodarowanie większości złóż, nowe technologie produkcji przemysłowej i budownictwa będą powiększać niewątpliwie wskaźniki wykorzystania odpadów. Pamiętać jednak trzeba, że nowe technologie produkcji będą dostarczały również nowych rodzajów odpadów oraz, że z roku na rok będzie wzrastało globalne wytwarzanie odpadów. Z tego też względu wzrost wskaźnika wykorzystania odpadów nie wyklucza równoległego wzrostu masy odpadów nie zagospodarowanych.

Geneza i właściwości odpadów przemysłowych są wyjątkowo różnorodne. Szczegółowe omawianie ich miałyby się zresztą z zasadniczym celem niniejszego artykułu. Dotyczy to zwłaszcza tych odpadów, które mają znaczenie przemysłowe i budowlane. Wolorami użyźniającymi i rekultywacyjnymi odznaczają się te substancje odpadowe, które wzbogacają środowisko glebowe w składniki pokarmowe, poprawiają jej właściwości fizyczne oraz nasilają aktywność biologiczną. Oznacza to, że walory te zależą nie tylko od właściwości odpadów, lecz także od charakteru środowiska glebowego oraz zamierzonego celu. Do najcenniejszych zalicza się odpady zasobne w koloidy organiczne i mineralne, a także inne substancje zdolne do pochłaniania dużej ilości wody i składników pokarmowych. Zalicza się tu między innymi pyłowe odpady z węgla brunatnego.

Dużą wartość przedstawiają też odpady zasobne w sole składników pokarmowych i regulujących odczyn środowiska glebowego. Do nich zalicza się między innymi popioły, żużle wielkopieczowe i przewałowe, odpady przemysłu wapienniczego i cementowego.

ZIEMIA PRZEMIESZCZANA TECHNICZNIE

W ewidencji odpadów nie uwzględnia się olbrzymich mas ziemi przemieszczanych w toku odkrywkowej eksploatacji kopalni oraz różnorodnych form budownictwa, zwłaszcza mieszkaniowego, przemysłowego, komunikacyjnego, hydrotechnicznego.

Budowa szlaków komunikacyjnych i zbiorników wodnych wymaga często niszczenia cennych gleb i przemieszczania na znaczne odległości wartościowych mas ziemi. Masy te mogą być wykorzystywane do użyź-

Tabela 3

Zestawienie stanu ilościowego oraz stanu zagospodarowania odpadów wraz z prognozą. Dane w tys. ton

Branże	Lata		Zagospodarowane w 1973 r.			Planowane zagospodarowanie			
	1973	1976-1980	1980	1990	ilość	% stanu	1976-1980	1980	1990
Budownictwo i materiały budowlane	25 963	176 675	38 570	50 494	4 135	16,0	b.d.	b.d.	b.d.
Gospodarka komunalna	8 120	43 070	8 750	11 600	132	1,6	2 158	612	4 170
Górnictwo i energetyka	218 957	1 307 923	288 206	315 204	21 927	10,0	b.d.	b.d.	b.d.
Handel i usługi	81	582	134	186	58	61,0	375	88	120
Komunikacja	6 236	43 713	9 695	10 960	763	12,2	b.d.	b.d.	b.d.
Leśnictwo i przemysł drzewny	2 306	14 293	3 090	3 990	856	37,2	7 090	1 713	2 428
Przemysł chemiczny	41 243	251 292	52 328	64 318	2 282	5,4	b.d.	b.d.	b.d.
Przemysł ciężki	26 414	177 900	39 484	55 800	14 236	53,8	b.d.	b.d.	b.d.
Przemysł lekki	177	1 422	333	427	117	61,0	725	168	256
Przemysł maszynowy	3 314	36 120	9 411	16 600	906	27,0	9 870	2 571	4 462
Przemysł spożywczy	12 324	80 836	18 646	22 355	12 200	99,0	67 897	14 717	20 341
Żegluga	60	462	111	208	59	98,3	457	110	207
Centrale	1 109	8 377	2 071	3 027	1 109	100,0	8 377	2 071	3 027
Inne nie ujęte w układzie resortowym	7 000	40 000	9 000	11 900	2 560	38,0	b.d.	b.d.	b.d.
Razem w kraju	253 307	2 182 790	479 858	567 119	61 455	17,1			

U w a g a: b.d. — brak danych.

nienia i przebudowy słabych jakościowo gleb, gdy znajdują się one w pobliżu. Nic nie stoi na przeszkodzie, aby przemieszczane masy utworów pyłowych i gliniastych wykorzystać do przekształcenia jałowych gleb piaskowych w gleby średnich klas bonitacyjnych. Ekologicznie wartościowe masy ziemi przemieszczone w górnictwie odkrywzkowym należałoby wykorzystywać w sposób analogiczny. Można zastosować tu hydrauliczny transport ziemi, przemieszczając ją na pola gleb piaskowych. Ustawa o ochronie gruntów rolnych i leśnych oraz rekultywacji gruntów nakłada obowiązek zdejmowania wartościowej ziemi próchnicznej z gruntów przeznaczonych pod różne rodzaje nierolniczych i nieleśnych inwestycji. W ten sposób każdy hektar odpowiedniej jakości gruntów przeznaczonych pod wszelkie rodzaje inwestycji dostarcza 2,5 do 4 tys. m³ ziemi, która ma być planowo przemieszczana i przyrodniczo zagospodarowana. Mimo iż ustawa obowiązuje dopiero od roku 1972, to zasada właściwej gospodarki zasobami ziemi próchnicznej zyskała sobie prawo obywatelstwa w codziennej praktyce na terenie większości miast, a także w budownictwie przemysłowym i drogownictwie.

Wielkość przemieszczanych mas ziemi jest trudna obecnie do oszacowania. Dotyczy to zwłaszcza mas nadających się do ulepszenia i przebudowy gleb. Wiadomo jednak, że wielkości te są bardzo duże. Nawet częściowe ich wykorzystanie pozwoliłoby odtworzyć i ulepszyć glebę na tysiącach hektarów rocznie.

STAN I MOŻLIWOŚCI PRZYRODNICZEGO ZAGOSPODAROWANIA ODPADÓW I PRZEMIESZCZANEJ ZIEMI

PRZESŁANKI EKOLOGICZNE

Mnogość czynników stanowiących o aktywności biologicznej środowiska powoduje, że wiele różnorodnych odpadów może być zastosowane zarówno w profilaktyce środowiska biotycznego jak też do użyźnienia i rekultywacji gleb. Spadek aktywności biologicznej (degradacji) środowiska glebowego może nastąpić w wyniku: niszczenia poziomu próchnicznego (w tym spadek jego próchniczności), zakwaszenia, alkalizacji, zasolenia, nadmiernego ubytku jednego lub kilku składników pokarmowych (zachwiania równowagi jonowej w środowisku odżywczym), niedoboru wody, nieprawidłowych stosunków powietrzno-wodnych, skażenia substancjami fitotoksycznymi itp. Czynniki te są przeróżnej natury i genezy. Profilaktyka i rekultywacja gleb polegają na przeciwdziałaniu i likwidowaniu ujemnych skutków presji czynników antropogenicznych i naturalnych. Stosownie do czynnika(ów) ograniczającego(ych) aktywność biologiczną należy przeprowadzać odpowiednie zabiegi. Nadmier-

nemu zakwaszeniu gleby przeciwdziałamy w drodze stosowania substancji neutralizujących, których jest mnóstwo wśród odpadów kopalnianych i przemysłowych.

Niedobór składników pokarmowych w glebie można zlikwidować w drodze nawożenia mineralnego i organicznego. Wiele mineralnych i organicznych odpadów stanowi niemal gotowy, często bardzo wartościowy nawóz.

Niedobór wody ma także wielorakie przyczyny i aspekty. Należy więc rozwiązywać go stosownie do konkretnych warunków glebowych (gruntowych), możliwości pozyskania odpowiednich substancji. Najprostszym rozwiązaniem byłoby uzupełnienie wody poprzez deszczowanie. Jest to jednak sposób bardzo kosztowny, wymagający ponadto dużo wody i sprawnej eksploatacji systemu. Uciekamy się zatem do różnych sposobów zwiększenia retencji wody opadowej w glebie. Do tego celu nadają się różne substancje odpadowe będące często w zasięgu ręki. Nadmiernie przepuszczalne gleby piaskowe można ulepszyć, wprowadzając do nich odpady zasobne w cząstki drobnoziarniste, zwłaszcza w koloidy organiczne i mineralne (gliny, iły, namuły organiczne i mineralne).

Celem melioracyjnego użyźnienia i rekultywacji jest przeobrażenie (ulepszenie) wyjściowego stanu gleby. Używamy w tym celu dużych mas substancji użyźniających. Pożądane jest, aby substancje te były zasobne w składniki pokarmowe (dla roślin) o stosunkowo małej rozpuszczalności, czyli powolnym lecz długotrwałym działaniu.

Odpady o charakterze substancji użyźniających można podzielić na trzy grupy: organiczne, organiczno-mineralne i mineralne.

STAN I PERSPEKTYWA PRZYRODNICZEGO ZAGOSPODAROWANIA ODPADÓW KOMUNALNYCH

Wzrost liczby mieszkańców oraz poziom życia w miastach zwiększają zapotrzebowanie na płody rolne, z których coraz większy odsetek trafia do odpadów komunalnych. Dawniej, kiedy miasta były stosunkowo małe, a zewsząd otaczały je pola bogate w sady i warzywniki, odpady komunalne znajdowały nabywców.

Dynamiczny rozwój miast zniszczył tradycyjnych, a nie zdołał ukształtować jeszcze nowych odbiorców odpadów komunalnych (np. kompostowni). Zdecydowały o tym również takie czynniki, jak dostępność stosunkowo tanich nawozów mineralnych, wymogi sanitarne, trudności transportowe, niedostatek siły roboczej itp. Wszystkie wymienione trudności mogłyby usprawiedliwiać zaniechanie rolniczego wykorzystania cennych odpadów, gdyby nie to, iż miasto musi się ich pozbywać

kosztem olbrzymich nakładów finansowych, angażując duże siły techniczne i ludzkie.

Niezbędne są również odpowiednio duże powierzchnie gruntów przeznaczonych pod wysypiska, drogi, budynki i strefy ochronne. Miasto nie może sobie pozwolić na składowanie odpadów w obrębie własnej struktury, toteż zmuszone jest do szukania odpowiednich gruntów oddalonych niekiedy o kilkadziesiąt kilometrów. Koszty oczyszczania miasta, a zwłaszcza unieściewania odpadów organicznych wzrastają bardzo szybko. Można przypuszczać, że w niedalekiej przyszłości ujawni się szereg ujemnych skutków obecnego sposobu składowania odpadów komunalnych, dotyczy to zwłaszcza skażeń wód gruntowych. Wtedy okaże się, że koszty unieściewania odpadów na wysypiskach są znacznie większe niż wynika to z uproszczonej kalkulacji.

Wymienione czynniki przedstawiają nam ekologiczną i gospodarczą wagę zagadnienia. Trzeba bowiem ponosić coraz większe koszty postępującej koncentracji nadmiaru biomasy w miastach. Sytuacja nie jest jednak pozbawiona możliwości racjonalnego wyjścia. Właśnie ta koncentracja biomasy wraz z koniecznością łożenia dużych środków finansowych i technicznych pozwalają dokonać zasadniczego przełomu w gospodarce odpadami komunalnymi.

Można i należy budować fabryki nawozów organicznych o najwyższej jakości, gdyż zawierają one substancje niezbędne w procesie kształtowania zieleńców na terenach zurbanizowanych i przemysłowych, zwłaszcza na gruntach bezglebowych. Fabryki kompostów mogą odzyskiwać ponadto surowce wtórne dla przemysłu metalurgicznego i papierniczego.

Zapotrzebowanie rolnictwa polskiego na organiczne substancje użyźniające przewyższa już obecnie zasoby odpadów komunalnych. Wystarczy wspomnieć o najpilniejszych potrzebach zrekułtywowania licznych wyrobisk, wydm oraz innych gruntów marginalnych.

Nasuwa się jednak pytanie, czy rolnictwo stać jest obecnie na pozyskiwanie substancji użyźniających z odpadów komunalnych? Oczywiście, rolnictwo polskie nigdy dotąd nie było w tak korzystnych warunkach do zagospodarowywania różnorodnych substancji użyźniających. Ustawa o ochronie gruntów rolnych i leśnych oraz rekułtywacji gruntów dała podstawy do ustanowienia funduszu ochrony i rekułtywacji gruntów. Należałoby go wykorzystać, między innymi, do budowy dużych, nowoczesnych fabryk uzdatniania odpadów komunalnych na cele rolnicze. Oprócz wymienionego funduszu, będącego w dyspozycji odpowiednich władz terenowych, ustawa zobowiązuje wszystkie przedsiębiorstwa winne dewastacji gruntów rolnych i leśnych do prowadzenia działalności rekułtywacyjnej. Przedsiębiorstwom tym należałoby również dać możliwość nabywania organicznych substancji użyźniających. Jak do tej pory,

nie dostrzega się żadnego zorganizowanego działania w tym zakresie. Nie wynika to bynajmniej z niedostatku środków finansowych i materiałowych, czy też ze względów społeczno-ekonomicznych, lecz braku skojarzenia międzybranżowych interesów.

W latach sześćdziesiątych zbudowano kompostownie w: Bydgoszczy, Lublinie, Kielcach, Krakowie, Radomiu, Warszawie i Wrocławiu. Przerobiły one w roku 1973 około 250 tys. m³ odpadów komunalnych, co stanowiło około 1,6% ich globalnej masy. Wyprodukowano w ten sposób około 45 tys. ton kompostu. W międzyczasie zlikwidowano stare kompostownie w Lublinie i Krakowie, nie odnawiając ich potencjału produkcyjnego w nowych miejscach. Radomska kompostownia podlega modernizacji. W wyniku zaistniałych zmian zmniejszono w 1973 r. zużycie odpadów komunalnych na cele kompostowe z 250 do 180 tys. m³ w roku 1975 [15]. Stanowi to niespełna 1% z 20,1 mln m³ odpadów nagromadzonych w roku 1975.

W Warszawie obok istniejącej kompostowni typu „Dano” rozpoczęto budowę nowego ciągu według konstrukcji krajowej. Miejmy nadzieję, że złagodzi to nieco niedobór substancji użyźniających na terenie Warszawy, a jednocześnie przyczyni się do nowych refleksji w biurach projektowych, powołanych do inspirowania i urzeczywistniania postępu społeczno-gospodarczego.

Plan perspektywiczny gospodarki komunalnej zakłada, że głównym sposobem unieszkodliwiania odpadów komunalnych będą wysypiska sanitarne. Inne formy unieszkodliwiania odpadów mają osiągnąć około 25% ogólnej masy w roku 1990 [6]. Zalicza się do nich kompostowanie, spalanie, odzysk surowców wtórnych itp.

Z punktu widzenia przyrodniczego program ten jest niezadowolający, z punktu zaś techniczno-ekonomicznego może okazać się nierealny. Wystarczy, że do roku 1990 nastąpi podwojenie masy odpadowej. Oznacza to, że 25% odpadów w roku 1990 równa się ponad 50% obecnej ich masy. Skoro w 1975 r. zagospodarowano zaledwie 0,18 mln m³ odpadów, to niełatwo będzie osiągnąć w 1990 r. przerób 11 mln m³, zwłaszcza, że bieżąca pięciolatka nie przewiduje znaczących inwestycji komunalnych w tym zakresie.

Przyjmując założenia programowe gospodarki komunalnej jako prawidłowe, należy wykorzystać wszystkie możliwe sposoby do realizacji nakreślonych zadań.

Główną formą pozawysypiskowego unicestwiania odpadów powinno być ich wykorzystanie do użyźniania gleb i rekultywacji gruntów. Aby zwiększyć wykorzystanie odpadów i zmniejszyć koszty, należy w większym stopniu niż obecnie, korzystać z kompostu grzejnego oraz stosować (tam gdzie to jest możliwe) do rekultywacji odpady wstępnie rozdrob-

nione (po uprzedniej segregacji). W latach 1990-2000 powinien nastąpić dalszy wzrost produkcji kompostów o dużych walorach użyźniających i sanitarnych. Zakłada się bowiem, że produkowane z odpadów komunalnych komposty będą cennymi substancjami w kształtowaniu wszelkich form zieleni na terenach zurbanizowanych. Pozwoli to na kompostowanie około 50% odpadów komunalnych w roku 2000. Odpady gospodarczo niewykorzystane, które muszą być składowane na wysypiskach, powinno się odpowiednio wmontowywać do gruntu, aby nie były uciążliwe dla środowiska. Wysypiska powinny być w należyty sposób zrehabilitowane i biologicznie zagospodarowane.

STAN I PERSPEKTYWA PRZYRODNICZEGO ZAGOSPODAROWANIA OSADÓW ŚCIEKOWYCH

Ze względu na istnienie w przeszłości nielicznych i stosunkowo małych oczyszczalni, osady ściekowe nie miały większego znaczenia w nawożeniu gleb. Szerzej wykorzystywano natomiast same ścieki. Nawozowy sposób wykorzystania osadów ściekowych ma zwolenników również obecnie, aczkolwiek ze względu na dostępność nawozów mineralnych, wymogi sanitarne i względy techniczno-ekonomiczne, traci on dawną atrakcyjność.

Melioracyjne użyżnienie różni się od nawożenia tym, że przy pomocy dużej dawki osadu ulepszamy jednorazowo jakość gleby na wiele następnych lat. Osad ściekowy jest mieszany z glebą do głębokości 30-50 cm. W ten sposób zmienia on całokształt właściwości środowiska glebowego, a nie tylko jego zasobność w składniki nawozowe.

Potrzeby pokarmowe roślin na tak użyźnionej glebie reguluje się w drodze uzupełniającego nawożenia mineralnego. Globalne zużycie osadu ściekowego może być jednakowe przy jego nawozowym i melioracyjnym stosowaniu. Różnica polega na tym, że dawkę 200-500 ton osadu na hektar stosuje się jednorazowo, natomiast przy nawożeniu dzieli się ją na wiele porcji i stosuje w ciągu 20-50 lat. Do melioracyjnego użyżniania, podobnie jak do nawożenia, używa się osadów o konsystencji płynnej, mazistej i ziemistej. Zastosowanie osadów ściekowych do rekultywacji gruntów bezglebowych oraz innych nieużytków jest bliskie melioracyjnemu użyżnianiu gleb. Mając jednak do czynienia nie z określonym użytkiem rolnym, lecz z różnymi rodzajami gruntów zdewastowanych, w tym również wyrobiskami, możemy pozwolić sobie na większą dowolność w dawkowaniu osadu z jednej strony i sposobie zagospodarowania porekultywacyjnego z drugiej. Grunty bezglebowe wykazują ponadto większe zapotrzebowanie na osad ściekowy, ponieważ nie zawierają na ogół substancji organicznej. Pojemność gruntów bezglebowych na

osady ściekowe jest bardzo duża. Do przeobrażenia gruntu w glebę wystarczy już dawka 100-200 t/ha suchej masy osadu ściekowego. Optymalna dawka stanowi natomiast około 500 t/ha, ale wprowadzając 1000 t osadu do gruntu piaskowego, przeobrażamy go z miejsca w urodzajną glebę. Należy tylko osad ten wymieszać starannie z piaskiem do głębokości 40-50 cm.

Wyrobisko po eksploatacji piasku, gliny czy innej kopaliny można również zapełnić osadem ściekowym, który bez dodatku substancji mineralnych przeobraża się łatwo w glebę nadającą się pod plantację topolową i uprawę niektórych roślin przemysłowych.

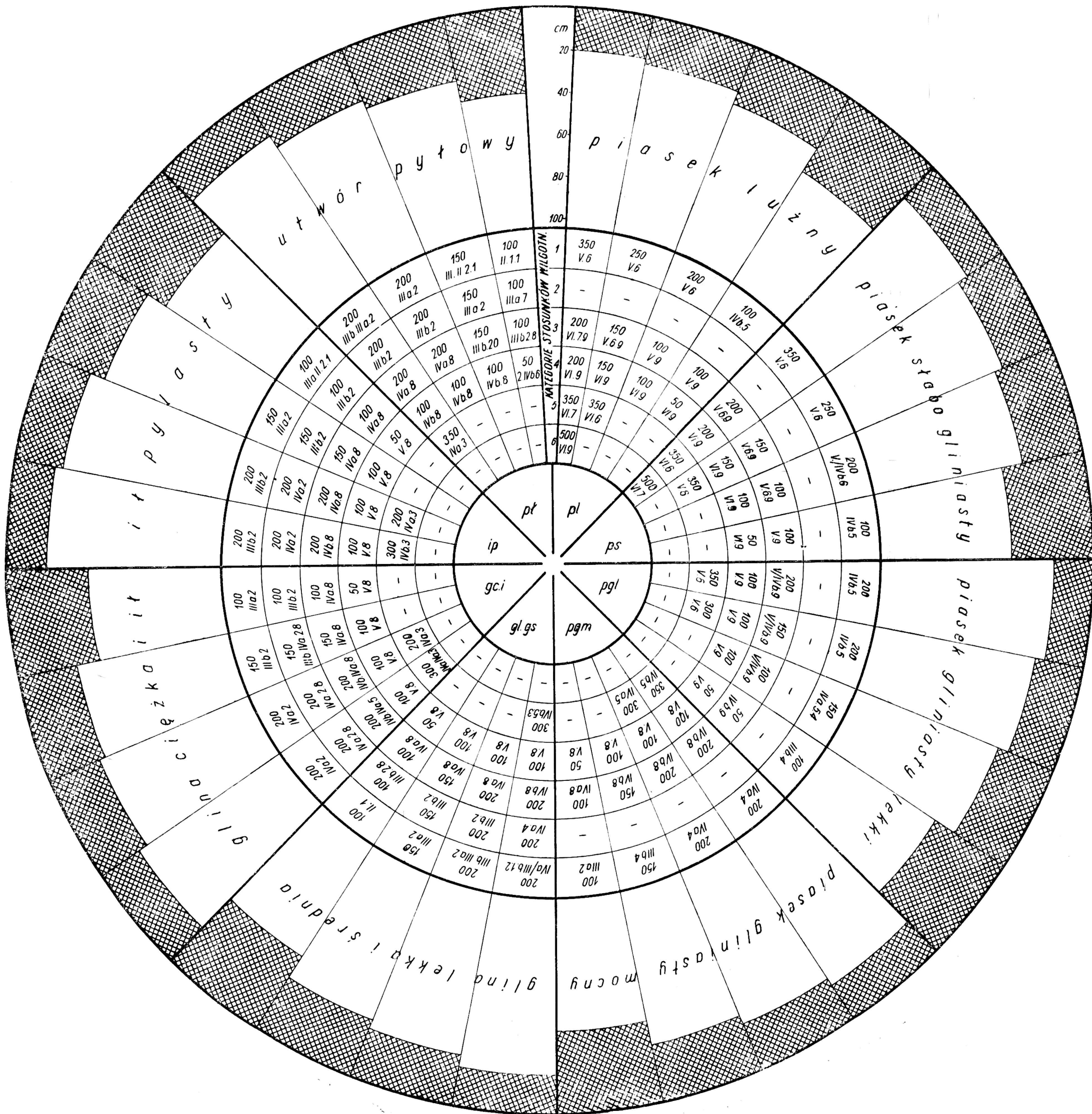
Grunty bezglebowe zatem mogą przyjąć bardzo duże ładunki osadów ściekowych, nawet wtedy, kiedy jakość tych osadów nie przedstawia wysokiej wartości użyźniającej.

Pojemność gleb i gruntów bezglebowych w stosunku do osadów ściekowych

Na obecnym etapie wiedzy można określić pojemność gleb w stosunku do osadów ze ścieków komunalnych i komunalno-przemysłowych o małym i średnim zanieczyszczeniu metalami ciężkimi. Dotyczy to również osadu czynnego z większości zakładów przemysłowych.

W przypadku większych zanieczyszczeń niezbędne jest przeprowadzenie badań określających wpływ stosowania odpowiednich dawek na rozwój roślin i jakość plonów, a także na stan gleby i wód gruntowych. Mówiąc o pojemności gleb i gruntów bezglebowych w stosunku do osadów ściekowych, będziemy mieć na względzie dawki optymalne, które mogą być przekraczane wówczas, gdy osady nie zawierają substancji uciążliwych dla środowiska; a które nie mogą być osiągnięte, gdy osady zawierają nadmiar metali ciężkich.

Melioracyjne użyźnienie jest najbardziej pożądane na suchych glebach piaskowych, w których duże dawki osadów ściekowych regulują stosunki wodne i pokarmowe. Jeżeli jeden z wymienionych reżimów (wodny, pokarmowy) jest korzystny, to efekt działania osadu ściekowego odpowiednio maleje. W naszych warunkach klimatycznych woda częściej niż składniki pokarmowe jest w optimum. Występuje ona też nierzadko w nadmiarze i wtedy wpływa ujemnie na działanie składników pokarmowych. Stan stosunków wodnych (powietrzno-wodnych) ma więc zasadniczy wpływ na wielkość optymalnej dawki osadu ściekowego (rysunek). Stosunki powietrzno-wodne w glebie zależą nie tylko od głębokości poziomu wody gruntowej, lecz także od zawartości cząstek ilastych. O ile utwory piaskowe są bardzo przepuszczalne, to gliny wykazują znaczną pojemność wodną. Oznacza to, że osad ściekowy w glebie gliniastej



poziom próchnicy 150-ton suchej masy osadu na 1ha V.Va-klasa bonitacyjna 6-kompleks przydatności rolniczej gleb

Pojemność gleb w stosunku do osadów ze ścieków komunalnych i komunalno-przemysłowych

spełnia już mniejszą rolę magazynu wodnego, poprawia on natomiast gospodarkę wodą zmagazynowaną w tej glebie.

Całokształt utworów glebowych podzielimy umownie na 8 grup pod względem ich składu mechanicznego (uziarnienia): piasek luźny (pl), piasek słabo gliniasty (ps), piasek gliniasty lekki (pgl), piasek gliniasty mocny (pgm), glina lekka (gl) i średnia (gś), glina ciężka (gć) i łą pyłasty (ip), pyły (pł).

W obrębie każdej z wymienionej grupy mechanicznej występuje duża różnorodność gleb. Jedne mają dobrze wykształcony poziom próchniczny, inne są ubogie w próchnicę. Podobnie, jedne mają niedosyt wody, inne mają jej nadmiar. Właściwości te przedstawia rysunek, który informuje zarazem o pojemności poszczególnych jednostek glebowych w stosunku do osadu ściekowego. Ponieważ symbole jednostek glebowych na rysunku są zarazem symbolami gleb na mapach glebowo-rolniczych, sporządzonych dla całego kraju w skalach 1 : 5000 i 1 : 25000, to łatwo jest wykonać w odpowiedniej skali mapy pojemności gleb w stosunku do osadu ściekowego. Korzystając następnie z danych liczbowych zawartych w aneksach do map glebowo-rolniczych, możemy obliczyć tę pojemność w jednostkach suchej masy osadu na określonym terenie. Mapy glebowo-rolnicze w skali 1 : 5000 są sporządzane przez działy kartografii gleb wojewódzkich biur geodezji i terenów rolnych oraz przekazywane do urzędów gminnych.

Rysunek przedstawia w sposób czytelny pojemność gleb w stosunku do osadów ściekowych, toteż ograniczymy się do bardzo pobieżnego komentarza.

Gleby piaszkowe luźne (pl) i piaszkowe słabo gliniaste (ps) reagują dodatnio na dawki osadu do 500 t na ha. Tylko niewielki odsetek gleb piaszkowych ma dobrze wykształcony poziom próchniczny i dostateczne uwilgotnienie. Tym glebom wystarczy dawka 100-200 t osadu. Gleby wyraźnie podmokłe, o dużej miąższości poziomu próchnicznego reagują dodatnio na około 50 t osadu na ha. Jest to już dawka nawozowa, a nie melioracyjna.

Gleby piaszczysto-gliniaste lekkie (pgl) i piaszkowe gliniaste mocne (pgm) reagują dodatnio na dawki 50-350 t na ha. Podobnie jak wyżej, te które mają słabo wykształcony poziom próchnicy i niedosyt wody są bardziej pojemne w stosunku do osadu.

Gleby gliniaste lekkie (gl) i gliniaste średnie (gś) reagują dodatnio na 50-300-tonowe dawki osadu ściekowego.

Gleby gliniaste ciężkie (gć) ilaste (i) oraz łą pyłaste (ip) wykazują analogiczną jak wyżej pojemność w stosunku do osadu ściekowego.

Gleby pyłowe (pł) mają pojemność analogiczną do gleb gliniastych. Podkreślić należy jeszcze raz, że są to wielkości orientacyjne, które w

konkretnych przypadkach mogą być wydatnie zwiększone, a niekiedy powinny być zredukowane.

Areał gruntów ornych o niskiej urodzajności, dla których osad ściekowy byłby doskonałą substancją użyźniającą, stanowi co najmniej 6 mln ha w kraju. Każdy hektar tych gleb może przyjąć 200 i więcej ton suchej masy osadów ściekowych. Aby je użyźnić należałoby dysponować około 1,2 mld ton osadu.

Nawożenie osadami ściekowymi może być pożyteczne na wszystkich gruntach ornych, łąkach i pastwiskach. Przy stosowaniu 30-tonowych dawek co 5 lat, zużyto by do roku 2000 po 150 t osadu na każdy hektar, co w przeliczeniu na 19 mln ha gruntów rolnych, odpowiednich do takiego nawożenia, stanowiłoby aż 2,85 mln ton.

Przyjmując, że tylko 1/4 gruntów rolnych znajduje się w bliskiej odległości od obecnych i przyszłych miejsc wytwarzania osadów ściekowych, to i tak rolnictwo może zagospodarować bez trudu ponad 700 mln ton tych osadów do roku 2000. Rachunek teoretyczny przeprowadzony przy założeniu, że będzie się oczyszczać wszystkie ścieki przemysłowe i komunalne mówi o wytworzeniu w roku 2000 około 2,7 mln ton s.m. osadów. Dane powyższe ilustrują skalę możliwości przyrodniczego zagospodarowania odpadowych substancji organicznych wytwarzanych w dużych ośrodkach miejskich i przemysłowych. Wynika stąd, iż możliwości są nieograniczone. Należy tylko doskonalić jakość produkowanych osadów ściekowych tak, aby nie zawierały zbędnego balastu i substancji uciążliwych dla środowiska przyrodniczego.

STAN I PERSPEKTYWA PRZYRODNICZEGO ZAGOSPODAROWANIA ODPADÓW PRZEMYSŁOWYCH

Rolnictwo należy do najstarszych użytkowników odpadów przemysłowych. Korzysta ono głównie z odpadów o właściwościach nawozowych i odkwaszających. Zaliczamy tu między innymi:

- a) wapno defekacyjne z przemysłu cukrowniczego,
- b) żużle z hutnictwa żelaza, cynku i ołowiu,
- c) odpady flotacyjne z rud siarkowych, cynkowo-ołowianych i miedziowych,
- d) odpady przemysłu wapienniczo-cementowego,
- e) niektóre odpady z przemysłów chemicznego i rolno-spożywczego,
- f) odpady górnicze i paleniskowe.

W ostatnim dwudziestoleciu sporo uwagi poświęcono możliwości rolniczego zagospodarowania tych odpadów, które zwiększają pojemność gleby w stosunku do wody i składników nawozowych. Należą tu różne rodzaje substancji o bardzo dużej i aktywnej powierzchni zbiorowej jak:

wszelkie rodzaje iłów mineralno-organicznych i mineralnych (zwłaszcza bentonitowych), pyły węgla brunatnego i niektóre odpady przemysłu petrochemicznego. Spośród kopalin mineralnych największym uznaniem cieszą się ily (iłowupki) bentonitowe; wzbogacone składnikami nawozowymi stanowią tak zwane sorbentonawozy [3].

Ze względu na stosunkowo duże koszty pozyskania i uzdatniania iłowupków bentonitowych, substancje te nie znalazły do tej pory szerszego zastosowania w praktyce rolniczej. Praktyka nie zaakceptowała też jeszcze innych mineralnych odpadów ilastych do stosowania w procesie intensyfikacji produkcji roślinnej. Wymienione odpady znajdują natomiast zastosowanie tam, gdzie trzeba odtwarzać glebę w celu stworzenia odpowiednich warunków ekologicznych i sanitarnych. Dotyczy to głównie terenów przemysłowych i silnie zurbanizowanych. Ze względu na złożoność zagadnienia ograniczymy się do omówienia perspektywy przyrodniczego zagospodarowania niektórych odpadów.

Zastosowanie popiołów

Popiół jest najstarszym nawozem mineralnym, od dawna stosowanym w rolnictwie. Zawiera on, oprócz azotu, wszystkie składniki pokarmowe niezbędne do życia roślin. Popiół powstaje bowiem w wyniku spalania substancji organicznej pochodzenia roślinnego. Wartość nawozowa popiołu jest bardzo zróżnicowana. Zależy w pierwszym rzędzie od składu chemicznego, a tym samym od jakości materiału wyjściowego (paliwa), sposobu jego spalania oraz odprowadzania i przechowywania. Popiół roślinny (np. drzewny) ma większą wartość nawozową niż torfowy i węglowy. Każda z wymienionych grup popiołu wykazuje bardzo duże zróżnicowanie. Ogólnie biorąc, popiół z drzew liściastych jest wartościowszy niż z drzew szpilkowych.

Węgiel brunatny daje lepszej jakości popiół niż węgiel kamienny. W obrębie tych grup istnieje jednak bardzo duże zróżnicowanie. W wyniku spalania konińskiego węgla brunatnego otrzymujemy popiół o dużej wartości nawozowej, podczas gdy popiół z węgla turosszowskiego nie przedstawia istotnej wartości dla rolnictwa. Pierwszy z nich obfituje w cenne dla rolnictwa związki wapnia i magnezu, podczas gdy drugi jest ubogi w te składniki. Popiół z węgla kamiennego zawiera stosunkowo mało wapnia i magnezu, ale podobnie jak wszystkie inne rodzaje odpadów paleniskowych skupia wszystkie mikro- i makroelementy pokarmowe (oprócz azotu). Zawartość składników nawozowych można zwiększyć wydalnie w drodze selektywnego pozyskiwania popiołów lotnych, frakcje drobnoziarniste bowiem są najzasobniejsze w te składniki. Filtry pierwszego rzędu, na których osadzają się frakcje gruboziarniste, dostarcza-

ją popiół o niskiej wartości nawozowej. Filtry drugiego i trzeciego rzędu dostarczają natomiast popiół o znacznych, a w przypadku Konina nawet o bardzo dużych walorach nawozowych. Wystarczy wspomnieć, że odnośny popiół z Konina skupia w sobie zalety nie tylko kompleksowego nawozu mineralnego o długotrwałym działaniu, lecz działa również odkwaszająco na glebę z siłą równą wapnu nawozowemu. Popiół lotny z węgla konińskiego ma dużą przewagę nad tlenkowym i węglanowym wapnem nawozowym, ponieważ nie tylko odkwasza środowisko glebowe, lecz zwiększa zarazem jego zasoby magnezu.

Zainteresowanie rolnictwa i leśnictwa polskiego nawozowymi walorami popiołów elektrownianych zaznaczyło się dopiero w ostatnich latach. Zainteresowanie to jest nadal nieproporcjonalnie małe do istniejących możliwości. Dysponujemy bowiem tylko nielicznymi wynikami badań ścisłych i nieco większymi zastosowaniami w praktyce. Do najbardziej udokumentowanych badań należą doświadczenia Nowosielskiego [9]. Główną uwagę poświęca on popiołom z węgla brunatnego, zagłębia konińskiego. Popioły badane są również w doświadczeniach leśnych [8]. W obu przypadkach stwierdzono bardzo dużą wartość nawozową.

Biorąc pod uwagę, że skład chemiczny popiołu z węgla bełchatowskiego będzie zbliżony do konińskiego, zaproponowano wykorzystanie go do profilaktycznego użyźniania gleb w zagłębiu bełchatowskim [11]. Należało jednak sprawdzić skuteczność proponowanego zabiegu w praktyce rolniczej, korzystając na razie z popiołu konińskiego. Okazało się, że wyniki produkcyjne są bardzo dobre. W ten sposób zapoczątkowano na szeroką skalę rolnicze wykorzystanie konińskich popiołów elektrownianych [18]. Obecnie wiadomo już, że drobne frakcje popiołów lotnych z zagłębia konińskiego, a w przyszłości także z bełchatowskiego mogą i powinny zastąpić wapno nawozowe na znacznych obszarach kraju, zwłaszcza tam, gdzie gleby są nie tylko kwaśne, lecz także ubogie w składniki pokarmowe.

Popioły z węgla kamiennego nie przedstawiają tak dużej wartości, lecz mimo to mogą być cennymi substancjami użyźniającymi. Najlepszym przykładem tego jest sprawdzona już w praktyce technologia rekultywacji gleb piaszkowych, zdewastowanych wokół puławskich azotów. Popiół z miejscowej elektrociepłowni stanowi główną substancję użyźniającą w procesie rekultywacji gleb pozbawionych zupełnie aktywności biologicznej [11]. Popiół z węgla kamiennego zastosowano również do ukształtowania gleby na piasku refulowanym w Porcie Północnym [12] oraz do rekultywacji gleb zdewastowanych wokół Toruńskich Zakładów Przemysłu Nieorganicznego. W ostatnich latach mnożą się doświadczenia ze stosowaniem popiołów elektrownianych do nawożenia i rekultywacji

gleb, a zatem można oczekiwać dalszych postępów w zakresie przyrodniczego zagospodarowania omawianych odpadów.

Pojemność gleb w stosunku do popiołów

Różnorodność właściwości chemicznych popiołów elektrownianych oraz gleb na terenie kraju uniemożliwia przeprowadzenie ścisłego rachunku. Popiół z węgla kamiennego, jeżeli nie zawiera substancji toksycznych i nie stanowi zagrożenia radioaktywnego, to może być stosowany w ilości 30-50 ton na hektar gleby piaskowej. Natomiast popiół elektrowniany zagłębia konińskiego nie może być stosowany w tak dużych dawkach. Zależnie od rodzaju i stopnia zakwaszenia gleby można stosować jednorazowo 2-10 ton na hektar.

Przyjmując rok 2000 możemy założyć, że średnia pojemność jednego hektara gruntów ornich wyniesie w tym czasie 10 ton popiołów z zagłębia konińskiego lub bełchatowskiego. Gdyby popiół zastosowano na obszarze 10 mln ha, to globalne zapotrzebowanie rolnictwa na ten nawóz wyniosłoby 100 mln ton do roku 2000. Wielkość ta jest oczywiście nierealna ze względu na trudności w dystrybucji oraz stojące do dyspozycji rolnictwa inne formy substancji użyźniających i odkwaszających. Połowa tej wielkości, czyli około 50 mln ton popiołu z węgla brunatnego może znaleźć zastosowanie w rolnictwie.

Trudno jest obecnie prognozować potrzeby leśnictwa. Wydaje się jednak, że będą one stanowiły około 5-10 mln ton do roku 2000.

Możliwość zużycia popiołu z węgla brunatnego i kamiennego na terenie całego kraju szacuje się na około 100 mln ton do roku 2000. Należy dodać, że prognoza ta ma charakter czysto teoretyczny. Może ona być zweryfikowana dopiero po upływie kilku następnych lat, kiedy będziemy dysponować już odpowiednim doświadczeniem w produkcji.

Zastosowanie odpadów węgla brunatnego

Odpady węgla brunatnego, zwłaszcza pyłowe, stanowią doskonałą substancję do użyźniania i rekultywacji gleb. Pył węgla brunatnego zwiększa bardzo wydatnie pojemność wodną i sorpcyjną gleby. Nowosielski [9] jest zdania, że zastosowanie 100-200 t pyłu węgla brunatnego na hektar zwiększa wskaźniki bonitacji gleb o jedną klasę. Efekt zabiegu utrzymuje się przez długie lata, ponieważ substancja organiczna węgla brunatnego jest trudna do mineralizacji. Uzyskane do tej pory wyniki doświadczeń szklarniowych i polowych skłoniły Nowosielskiego do wysunięcia tezy, iż przeznaczenie węgla brunatnego na cele energetyczne jest dużo mniej opłacalne, aniżeli na cele rolnicze. Prezentowane dane liczbo-

we oraz wnioski teoretyczne przemawiają na rzecz szerszego zainteresowania się tym zagadnieniem.

Budowane obecnie Bełchatowskie Zagłębie Węglowe dostarczy bardzo dużo odpadów węgla brunatnego w postaci drobnoziarnistej, które będą cennym środkiem w ochronie i kształtowaniu warunków ekologicznych, tak silnie zagrożonych w wyniku działania leja depresyjnego i zanieczyszczenia atmosfery.

Węgiel brunatny, podobnie jak szereg innych substancji organicznych, zawiera wiele biologicznie czynnych substancji. Stymulują one wegetację roślin oraz pełnią sanitarne funkcje w środowisku glebowym.

Biochemia środowiska glebowego jest jeszcze stosunkowo mało poznana, ale już na podstawie dotychczasowej wiedzy nie sposób przeceniać roli substancji organicznej w funkcjonowaniu ekosystemów lądowych.

Kopalniane substancje użyźniające

Pochodzenie i właściwości mineralnych substancji użyźniających są wyjątkowo zróżnicowane. Nie ma zresztą definicji ani też pełnego wykazu mineralnych substancji użyźniających. Nawet samo pojęcie żyzności gleby nie zostało definitywnie sformułowane. Pod pojęciem substancji użyźniającej będziemy rozumieć każdą masę, która wprowadzona do układu glebowego zwiększa (względnie trwale) jego aktywność biologiczną (żyzność), a tym samym produktywność biomasy. Zgodnie z powyższym założeniem właściwość użyźniająca takiej czy innej substancji ma wartość względną. Można to wyjaśnić na przykładzie lessu, który nadaje się bardzo dobrze do użyźnienia piasku (zwłaszcza luźnego i słabo gliniastego). Nie można nim jednak użyźnić takiego samego lessu, który również wymaga użyźnienia. Lessu lub pyłu innej genezy nie da się też użyźnić ani piaskiem, ani iłem. Utwory pyłowe lessowego i nielessowego pochodzenia odznaczają się doskonałymi właściwościami fizycznymi, których nie da się i nie ma potrzeby ulepszać przy pomocy masy ziemnej o odmiennej granulacji. Utwory lessowe nie obfitują jednak w składniki pokarmowe, toteż wprowadzenie do nich substancji w nie zasobnych da wyraźny efekt użyźniający.

Piasek luźny i słabo gliniasty może być użyźniony wydatnie przez wprowadzenie do niego odpowiedniej masy iłu. Należy tylko ił ten dobrze zintegrować (wymieszać) z piaskiem. Powstałby wówczas piasek gliniasty (lekki lub mocny) o zupełnie odmiennych właściwościach fizycznych, wodnych i chemicznych. Nie ulega wątpliwości, iż byłoby to trwałe użyźnienie (przeobrażenie) gleby.

Iły i gliny ciężkie są zasobne w składniki pokarmowe i mają silnie roz-

winięty kompleks sorpcyjny. Pochłaniają więc duże ilości wody, przez co silnie pęcznieją w stanie mokrym i kurczą się w czasie suszy. Nadmiar łu koloidalnego jest więc taką samą wadą jak jego niedobór. Gliny lekkie i średnio zwięzłe tworzą lepsze układy glebowe niż ły i gliny ciężkie. Można by więc wprowadzić do łów i glin ciężkich odpowiednie ilości piasku luźnego, powiedzmy w proporcji 1:1. Trudność zasadnicza polega na wymieszaniu tych różnorodnych substancji. Nie wykluczone, że w niedalekiej przyszłości będziemy produkować granulometrycznie optymalne układy glebowe w oparciu o wartościowe ły i piaski luźne. Tworzenie tego rodzaju substancji glebowych wymaga jednak technologii przemysłowych. Obecna technika pozwala na realizację dużych programów w tym zakresie. Należy pokonać tylko barierę energetyczną i ekonomiczną, a wadliwe gleby ilaste i piaszkowe zaczną przemieniać się w gleby dobrej jakości.

*Właściwości łów, glin i pyłów,
jako substancji użyźniających*

Wartość użyźniająca omawianych substancji zależy od procentowej zawartości cząstek koloidalnych (ilastych, zwanych też gliniastymi), składu chemicznego i mineralogicznego, pojemności sorpcyjnej i składu kationów wymiennych, odczynu i zawartości składników przyswajalnych i obecności lub braku substancji fitotoksycznych, zasolenia itp.

Skład granulometryczny jest łatwy do określenia. Można go rozpoznać nawet bez analizy laboratoryjnej. Nie trudno też przesłać próbki do stacji chemiczno-rolniczej, która oznaczenia te wykonuje seryjnie.

Istotnym wskaźnikiem jakości minerałów oraz substancji ilastych jest procentowa zawartość SiO_2 i Al_2O_3 . Tylko montmorillonit zawiera nieco ponad 50% SiO_2 . Tak niskiej zawartości krzemionki (SiO_2) nie spotykamy w żadnej glebie mineralnej na terenie całego kraju. Wynika to stąd, że w glebie występuje zawsze pewna ilość czystej krzemionki w postaci ziarn piasku i pyłu. Stąd też im gleba (grunt) zawiera mniejszy procent łu koloidalnego ($< 0,002$ mm), tym więcej ma krzemionki. Piaski luźne zawierają nierzadko ponad 95% SiO_2 . W glinach ciężkich zawartość SiO_2 wynosi około 70%, a w łach i glinach bardzo ciężkich około 60%.

Utwory lessowe zawierają średnio 73-76% SiO_2 , 8,8-9,4% Al_2O_3 , 2,2-2,7% Fe_2O_3 , 1,9-2,3% K_2O , 1,2-1,5% MgO . Wahania zawartości w poszczególnych przypadkach są oczywiście dużo większe. Największe wahania wykazuje zawartość CaO , gdyż w jednych poziomach znajduje się CaCO_3 , a w innych nie ma tej formy wapnia.

Gliny na terenie Polski są przeważnie pochodzenia lodowcowego. Zależnie od składu granulometrycznego i domieszki CaCO_3 wykazują

różną zawartość krzemionki i glinu. Skład chemiczny i mineralogiczny glin lekkich jest zbliżony do lessu. Te ostatnie stanowią jednak lepszą substancję użyźniającą niż gliny lekkie, ponieważ mają korzystniejszy wskaźnik granulometryczny.

Iły są przeróżnej genezy. Iły starszych formacji geologicznych rzadko występują na powierzchni, ale ponieważ stanowią przedmiot zainteresowania przemysłu ceramicznego i budowlanego — często spotykamy ich odsłonięcia. Są one wydobywane także w procesie eksploatacji różnych kopalni, zwłaszcza przy metodzie odkrywkowej. Najbardziej dostępne są iły aluwialne, zalegające w dolinach rzecznych. Obfitują one we wszystkie składniki pokarmowe, a nierzadko także w substancję organiczną. Do najcenniejszych iłów (oraz iłolupków) należą złoża bentonitowe, które obfitują w minerały grupy montmorillonitowej. Bogate złoża tego rodzaju utworów odkryto w kopalni „Milejowice”. Wydobywa się je w formie odpadów górniczych. Przeprowadzono liczne doświadczenia uprawowe ze stosowaniem tych odpadów [3, 4, 17]. W praktyce stosuje się obecnie bentonity surowe i uzdatniane różnymi sposobami. Najbardziej rozpowszechnioną formę stanowi bentonit wzbogacony amoniakiem, czyli tak zwany sorbentonawóz [3]. Do ukształtowania (rekultywacji) gleb z piasków refulowanych w Porcie Północnym zastosowano bentonit surowy, odpowiednio rozdrobniony [12].

Wykorzystanie przemieszczanej ziemi do ulepszenia krajobrazu

Składowanie stanowi i będzie stanowić także w przyszłości podstawowy sposób pozbywania się odpadów kopalnianych i przemysłowych. Ponure doświadczenia minionych lat mogą nas przerażać, gdy uświadomimy sobie planowane wskaźniki wydobycia surowców naturalnych oraz rozwoju produkcji przemysłowej.

Zagrożenie środowiska byłoby niezmiernie duże, jeśli wskaźniki te realizowano by według przestarzałych sposobów gospodarowania odpadami. Wiadomo jednak, że składowanie odpadów można pogodzić z wymogami środowiska. Wiele obniżeń terenu, zwłaszcza o niewielkich walorach ekologicznych, można zapewnić odpadami, uzyskując w ten sposób cenne grunty rolnicze, leśne, rekreacyjne, a nawet budowlane. W ten sposób można odtworzyć wartości krajobrazowe, utracone w skutek osiadania gruntu na terenach działania górnictwa podziemnego. Odpady mogą być również cenne do rekonstrukcji rzeźby terenu i wartości gruntu na obszarach zniszczonych przez odkrywkową eksploatację zasobów naturalnych.

Konieczność składowania odpadów może być wykorzystana do likwi-

dacji jałowych gleb piaskowych i ukształtowania gleb cenionych w produkcji rolniczej i leśnej. Wizję daleko idących pozytywnych przeobrażeń środowiska biotycznego można byłoby kreślić obecnie dla Bełchatowskiego Zagłębia Węglowego. Właśnie dla tego rejonu, któremu grozi daleko idąca degradacja, a to ze względu na bardzo słabą odporność środowiska i niebywale dużą ingerencję techniczną. W rejonie tym istnieją niemal wszystkie substancje, niezbędne do użyźnienia gleb leżących na pograniczu nieużytków rolnych i leśnych. Zaangażowano tu również najnowszą i najpotężniejszą technikę dnia dzisiejszego. Gdyby technikę tę zdyskontowano chociażby w minimalnym stopniu na rzecz środowiska, to przemieszczane masy ziemi udoskonaliłyby olbrzymie połacie Ziemi Bełchatowskiej. Wymagałoby to jednak zgola nowego, kompleksowego planowania inwestycji, które można byłoby nazwać „przemysłowo-ekologicznym”. Jak do tej pory, nie jesteśmy jeszcze przygotowani do takiego sposobu myślenia, a tym bardziej działania. Wydaje się jednak, że cele te nie są już odległe czasowo. Należałoby więc podejmować już obecnie większe programy badawcze kompleksowego wykorzystywania dużych mas odpadowych do doskonalenia środowiska biotycznego i zwiększenia jego zdolności produkowania środków spożywczych.

Nie zagłębiając się w technologię rekultywacji różnego rodzaju zwałowisk, nadmienić trzeba, iż liczne doświadczenia w kraju i zagranicą dowodzą, że zrekultywowane zwałowiska plonują na poziomie gleb średniej i dobrej jakości. Zdolność produkcyjna tego rodzaju zwałowisk (po rekultywacji) jest przeważnie znacznie większa aniżeli przysypanych gleb piaskowych.

Prawidłowe wkomponowanie zwałowisk do środowiska jest niekiedy bardzo trudne. Wymaga to dobrej znajomości budowy geologicznej, stosunków hydrogeologicznych, właściwości fizycznych i chemicznych odpadów itp. Niestety, wiedza w tym zakresie jest ciągle niedostateczna, toteż popełnia się wiele błędów, które stanowią wsparcie dla licznych sceptyków. Tymczasem, żaden inny kraj nie potrzebuje tak pilnie daleko idących przekształceń glebowych jak Polska. Wynika to z dominacji gleb piaskowych, wadliwych pod względem stosunków wodnych i pokarmowych. Bez zwiększenia ich pojemności wodnej i nawozowej nie możemy myśleć poważnie o intensyfikacji produkcji środków spożywczych. Te olbrzymie masy ziemi, które są i będą przemieszczane, dają dużą szansę kształtowania optymalnych układów glebowych. W niedalekiej przyszłości substancję glebową będziemy wytwarzać w sposób przemysłowy, wykorzystując w tym celu liczne odpady i kopaliny.

KIERUNKI PLANOWANYCH I PROGNOZOWANYCH BADAŃ

Względy ekologiczne, sanitarne i społeczno-gospodarcze zmuszają coraz bardziej do porządkowania środowiska wytwarzania dóbr materialnych i bytowania człowieka. Działalność gospodarcza nie może być realizowana w sprzeczności z wymogami środowiska biotycznego. Oznacza to, że krążenie narastającej masy produktów gospodarczej i bytowej działalności człowieka musi być dostosowywane w coraz to większym stopniu do funkcjonowania krajobrazu, a nie tylko wybranych jego elementów. Do osiągnięcia tego celu droga jest jeszcze odległa. Niemniej jednak zarysowały się już wyraźne tendencje i kierunki działania. Znajduje to swoje odbicie w programach badawczych i doświadczalno-wdrożeniowych. Dominują tu oczywiście działania cząstkowe, które nie zapewniają (na ogół) możliwości dokonywania większych syntez.

Rozproszenie tematyki badawczej dotyczącej przyrodniczego gospodarowania przemieszczanymi, a zbędnymi masami, wynika nie tylko z wielopłaszczyznowego charakteru zagadnienia, lecz przede wszystkim z pierwszych jeszcze nieporadnych kroków nauki i praktyki w tym zakresie. Wiadomo bowiem, że żaden plan przestrzennego zagospodarowania większych jednostek obszarowych nie zawiera kompleksowego programu gospodarowania masami różnorodnych odpadów. Pierwszą próbę, względnie kompleksowego wykorzystania odpadów i wartościowych mas ziemi do profilaktycznego ulepszenia gleb i rekultywacji gruntów opracowano dla Zagłębia Bełchatowskiego [11]. Studium to nie zostało wykorzystane należycie w toku projektowania i realizacji inwestycji. Stanowi ono jednak płaszczyznę do obszernej dyskusji oraz inspiruje wiele działań cząstkowych.

Program skojarzonej gospodarki odpadami, ze szczególnym uwzględnieniem warunków ekologicznych, opracowuje się obecnie dla Aglomeracji Lubelskiego Zagłębia Węglowego. Istnieje duża szansa, że program ten stanie się integralną częścią planu przestrzennego zagospodarowania Aglomeracji, a także programów gospodarczych w ramach zainteresowanych branż i przedsiębiorstw.

Próby opracowania w miarę kompleksowych programów przyrodniczego gospodarowania odpadami podejmuje się również dla woj. katowickiego oraz wybranych obszarów i rejonów przemysłowych. W latach 1976-1980 prowadzi się badania zmierzające do opracowania zasad przyrodniczego gospodarowania odpadami komunalnymi i osadami ściekowymi:

Główne kierunki badań omawianego zagadnienia są następujące:

- a) prognoza nagromadzenia oraz badanie składu odpadów komunalnych i osadów ściekowych;

- b) opracowanie technologii uzdatniania odpadów komunalnych i osadów ściekowych do ich przyrodniczego zagospodarowania;
- c) opracowanie sposobów przyrodniczego zagospodarowania odpadów komunalnych i osadów ściekowych;
- d) określenie chłonności terenu w stosunku do uzdatnionych odpadów komunalnych i osadów ściekowych;
- e) opracowanie techniczno-ekonomicznych i organizacyjnych podstaw przyrodniczego zagospodarowania odpadów komunalnych i osadów ściekowych.

Brakuje natomiast analogicznego programu badań w zakresie odpadów przemysłowych i ziemi przemieszczanej technicznie.

Elementy powyższej tematyki będą jednak realizowane w różnych programach. Przewiduje się, że do roku 1980 zostaną opracowane liczne sposoby przyrodniczego gospodarowania różnorodnymi odpadami łącznie z wykorzystaniem ich do ochrony i ulepszania środowiska biotycznego. W czasie tym zostaną stworzone naukowe podstawy do formowania szerszych programów badawczych i wdrożeniowych na lata 1981-1985. W ostatniej pięcioletce zapoczątkuje się też realizację niektórych programów o charakterze cząstkowym, takich jak rolnicze zagospodarowanie osadów z niektórych oczyszczalni ścieków komunalnych, grupowych i przemysłowych.

Bieżąca pięcioletka przyniesie dalszy wyraźny postęp na odcinku biologicznej rekultywacji wysypisk odpadów komunalnych oraz zwałowisk i osadników odpadów przemysłowych.

Plany badawcze i wdrożeniowe w latach 1981-1985 będą zmierzały do doskonalenia technologii i organizacji przyrodniczego gospodarowania masami odpadowymi w skali poszczególnych elementów środowiska i krajobrazów. Uznanie konieczności synchronizacji ruchu mas na powierzchni ziemi z wymogami ekologicznymi spowoduje nasilenie badań w zakresie wpływu poszczególnych odpadów oraz sposobów ich zagospodarowania na stan sanitarny środowiska biotycznego.

Ujawnienie licznych negatywnych skutków nie zahamuje, jak się wydaje, dążności do poszukiwania optymalnych sposobów przyrodniczego gospodarowania odpadami, lecz wywrze dodatni wpływ na producentów, którzy będą zmuszeni do uzdatniania tych odpadów, stosownie do nowych wymogów.

Na lata 1981-1985 należałoby ustanowić problem węzłowy, dla opracowania przyrodniczych zasad gospodarowania masami odpadowymi na powierzchni ziemi. W ramach tego problemu należy opracować skojarzone programy gospodarki masami odpadowymi w obrębie wybranych aglomeracji, a także zbadać możliwości i warunki przyrodniczego zagospodarowania ważniejszych rodzajów odpadów (w skali całego kraju).

Dużo uwagi wymagać będą techniczne aspekty uzdatniania fizycznych, chemicznych i biologicznych właściwości oraz sposoby przemieszczania i wprowadzania do gruntu mas odpadowych. W omawianym pięcioleciu powstaną zapewne podstawy przemysłowych form kształtowania optymalnych układów glebowych na skalę produkcyjną.

W latach 1986-1990 będą kontynuowane prace nakreślone dla poprzedniej pięciolatki. Zaistniałe i dokonywane przekształcenia będą wymagać wnikliwych i wielokierunkowych badań gleb, wód gruntowych, plonowania roślin oraz wartości pokarmowej i technologicznej plonów. Należy oczekiwać, że do roku 1990 zostanie opracowany krajowy program doskonalenia gleb na terenach rolnych, leśnych i zurbanizowanych w oparciu o istniejące wówczas i przewidywane zasoby substancji odpadowych i przemieszczanych mas ziemi.

Biorąc za podstawę aktualny poziom wiedzy przyrodniczej i technicznej można wyrazić przeświadczenie, że potrzeby wodne roślin będą stanowiły główną siłę postępu w zakresie przyrodniczego wykorzystywania odpadów (w tym ziemi przemieszczonej) na gruntach rolnych oraz zurbanizowanych i przemysłowych.

Techniczne ukształtowanie optymalnego układu stosunków wodnych w glebach na terenach zurbanizowanych i przemysłowych jest o wiele łatwiejsze i tańsze aniżeli uzupełnianie niedoboru wody w drodze deszczowania. Oprócz dużych nakładów pracy i środków finansowych do deszczowania niezbędna jest woda, której deficyt powiększa się z roku na rok. Zmniejszenie deficytu wody w rolnictwie na glebach piaszkowych w całym kraju jest realne tylko w drodze zwiększenia pojemności wodnej tych gleb. Wymaga to jednak wzbogacenia gleby w substancje ilaste o dużej fizykochemicznej aktywności.

WNIOSKI

1. Przyrodnicze zagospodarowanie odpadów mieści w sobie wykorzystanie ich do nawożenia i melioracyjnego użyźnienia gleb, ulepszania rzeźby terenu i rekultywacji gruntów zdewastowanych, a także prawidłowe (sanitarne) składowanie połączone z rekultywacją i biologicznym zagospodarowaniem wysypisk, zwałowisk i osadników.

2. Gleby piaskowe w Polsce wykazują bardzo dużą chłonność w stosunku do organicznych i mineralnych substancji użyźniających. Chłonność ta jest niewspółmiernie duża w stosunku do możliwości wytwarzania organicznych substancji użyźniających. Z tego względu nie ma żadnych ograniczeń do przyrodniczego zagospodarowania uzdatnionych odpadów komunalnych i osadów ściekowych.

3. Odpady przemysłowe znajdą w niedalekiej przyszłości dużo wię-

ksze niż obecnie zastosowanie do użyźnienia i przebudowy gleb oraz ulepszania rzeźby terenu. Dotyczy to w pierwszym rzędzie terenów zurbanizowanych i przemysłowych.

4. Zasoby ziemi próchnicznej oraz inne masy ziemi przemieszczanej technicznie (w procesie realizacji różnorodnych inwestycji) stwarzają znaczne możliwości ulepszania gleb piaskowych na przyległych obszarach.

5. Składowanie tych odpadów, które nie mogą być wykorzystane dla celów gospodarczych, powinno spełniać wymogi sanitarne środowiska. Lokalizacja i eksploatacja wysypisk, zwałowisk i osadników powinny być w miarę możliwości synchronizowane z charakterem krajobrazu.

6. Racjonalne gospodarowanie odpadami w krajobrazie wymaga przeprowadzenia licznych badań i opracowania kompleksowego programu działania. Tego rodzaju badania znajdują się jeszcze w fazie inicjalnej.

7. Kompleksowe programy wykorzystania odpadów do ulepszania gleb i kształtowania krajobrazów powinny stanowić część składową planów zagospodarowania przestrzennego oraz programów gospodarczych odpowiednich branż i przedsiębiorstw.

LITERATURA

1. Antolak T., Wasiak G.: Nagromadzenie, unieszkodliwienie i zagospodarowanie odpadów przemysłowych i komunalnych w Polsce. Materiały Kongresowe PZITS, t. II, Szczecin 1974.
2. Bereśniewicz A., Nowosielski O.: Możliwości wykorzystania elektrownianych odpadów paleniskowych do użyźniania gleb. Problemy ochrony i rekultywacji powierzchni ziemi w Polsce. Sympoz. Nauk.-Techn. NOT, Warszawa 1976.
3. Bolewski A., Michałek Z., Skawina T.: Zastosowanie iłów montmorillonitowych jako sorbentu dla poprawy efektywności nawożenia mineralnego. Zesz. prob. Post. Nauk rol., 84, 1968.
4. Droese H., Gastoł J., Trzecki S.: Wpływ stosowania różnych odpadów kopalnianych i przemysłowych na właściwości i produktywność gleb lekkich. Cz. I. Charakterystyka właściwości fizycznych i chemicznych badanych odpadów. Roczn. glebozn., t. XXI, z. 2, 1970.
5. Kompleksowy Program Ochrony i Kształtowania Środowiska w Polsce do 1990 r., IOS, 1973.
6. Kompleksowy Program Rozwoju Oczyszczania Miast do 1990 r. IKS, 1974.
7. Leończyk A.: Właściwości chemiczne i przydatność rolnicza osadów ściekowych z aglomeracji łódzkiej. Mater. VII Konf. Nauk. Techn. PZITS, Warszawa 1974.
8. Mucha W., Sienkiewicz A., Szymańska M.: Efekty nawożenia upraw sosnowych popiołem po węglu brunatnym. Sympoz. Nauk.-Techn. NOT, Warszawa 1975.
9. Nowosielski O.: Odpady jako środki nawozowe w rolnictwie i ogrodnictwie. VII Konf. Nauk.-Techn. PZITS, Warszawa 1974.
10. Perspektywiczny Program Rozwoju Zaopatrzenia w Wodę i Kanalizacji w latach 1976-1990, IKS, 1975.

11. Siuta J. i inni: Studium ochrony, rekultywacji i zagospodarowania użytków rolnych w strefie oddziaływania projektowanego KPE Bełchatów. IUNG, Puławy 1972.
12. Siuta J. i inni: Projekt rekultywacji gruntu oraz urządzenia zieleni w Porcie Północnym i w strefie ochronnej. IUNG, Puławy 1973.
13. Siuta J.: Kształtowanie przyrodniczych warunków rolnictwa w Polsce. PWN, Warszawa 1974.
14. Siuta J.: Przyrodnicze zagospodarowanie odpadów przemysłowych. Refer. na Konf. Nauk. PZITS, 1976.
15. Siuta J., Wasiak G.: Zasoby substancji użyźniających w odpadach komunalnych. Nowe Rol., 9, Warszawa 1976.
16. Skawina T.: Zastosowanie bentonitów w rekultywacji wyrobisk górnictwa piasku podsadzkowego. Biul. ZBNGOP — PAN, 5, Katowice 1965.
17. Trzecki S.: Wpływ dodatku materiałów ilastych lub organicznych do utworów piaskowych na zdolność zatrzymywania wody. Zesz. prob. Post. Nauk rol., 77, 1968.
18. Zięba S.: Ocena przydatności rolniczej popiołów z węgla brunatnego w świetle doświadczeń polowych. Sympoz. Nauk.-Techn. NOT, Warszawa 1976.

Ян Сюта, Гражина Васьк

ПРИРОДНОЕ ОСВОЕНИЕ ОТХОДОВ И ТЕХНИЧЕСКИ ПЕРЕМЕЩАЕМОЙ ПОЧВЫ

Резюме

Под понятием природного освоения отходов (включая почвы перемещаемые в совокупности процессов капитального строительства) подразумеваем:

а) использование отходов (отбросов) для удобрения и улучшения почв на сельскохозяйственных, лесных, рекреационных, городских и промышленных площадях,

б) рекультивацию беспочвенных площадей,

в) геомеханическую реконструкцию текстуры почвы и формирование рельефа местности,

г) такое складирование отходов (отбросов), которое бы не оказывало деградирующего влияния на ландшафт и на экологические и природные достоинства сельскохозяйственных и лесных площадей.

Поскольку на территории Польши имеется высокий процент песчаных, бедных питательными элементами и чрезмерно водопроницаемых почв, возможности природного освоения большинства отходов (отбросов) очень большие. Однако, для выполнения этой задачи необходимо изучить актуальное и будущее состояние относительно количества и качества масс отходов (отбросов). С этой целью проанализировали:

— актуальное и будущее производство и свойства коммунальных отходов (отбросов) и способы их освоения,

— актуальное и прогнозируемое состояние производства осадка из станций очистки сточных вод, вместе с оценкой их пригодности для удобрения почв,

— пригодность и возможности природного освоения основных групп промышленных отходов (отбросов).

Проведенный анализ показал, что рациональное хозяйствование отходами (отбросами) в ландшафте требует проведения многих исследований и разработки программы деятельности. Исследования в этой области находятся в настоящее время в начальной стадии. Комплексные программы использования отходов (отбросов) для улучшения почв и формирования ландшафта должны составлять определенный элемент планов пространственного освоения, а также хозяйственных программ соответствующих ведомств и предприятий.

Jan Siuta, Grażyna Wasiak

NATURAL MANAGEMENT OF WASTES AND TECHNICALLY SHIFTED SOIL

Summary

Under the notion of natural management of wastes (including soil masses shifted in the course of the investment building processes) the following is meant:

- (a) utilization of wastes for soil structure improvement and fertilization of agricultural, forest, recreational, municipal and industrial areas,
- (b) recultivation of soilless areas,
- (c) such storage of wastes, which would not exert a degrading effect on the landscape and on the ecological and production values of agricultural and forest areas.

As on the Poland's territory there is a high per cent of sandy soils, poor in nutrients and excessively permeable, possibilities of natural management of most wastes are very high. The realization of that task requires, however, the recognition of actual and future amounts and quality of wastes. For that purpose:

- present and future production and features of municipal wastes and their management way,
- present and forecasted state of the production of sludge from waste water treatment plants, including the estimation of their usability for soil fertilization,
- usability and possibilities of the natural management of basic groups of industrial wastes, were analyzed.

The analysis has proved that for a reasonable management of wastes in the landscape many investigations and the complex activity program would be necessary. Such investigations are at an initial stage at present. Complex programs of utilization of wastes for the improvement of soils and the landscape formation should constitute an element of the spatial management plans and of economic programs of particular economic branches and particular enterprises.