

Tadeusz Marcinkowski
Anna Stanicka-Łotocka
Teodora Traczewska

BADANIA SKŁADU OSADÓW Z OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW UTYLIZACYJNYCH

Osady ściekowe należą do tej grupy odpadów technologicznych, które z agrochemicznego punktu widzenia mogą być czynnikiem poprawiającym jakość i strukturę gleb. Rolnicze wykorzystanie osadów należy uznać za najbardziej prawidłowy sposób ich unieszkodliwiania. Jednak w przypadkach takiego postępowania, szczególną uwagę należy zwrócić na aspekt ich toksyczności, z uwagi np. na metale ciężkie [1] oraz zakaźność, z uwagi na zawsze występujące w osadach organizmy patogenne [2]. Zatem, przystępując do opracowania technologii uzdatniania osadów, należy dokładnie określić ich skład chemiczny i biologiczny. Znajomość składu osadów pozwala na optymalizację kosztów ich przeróbki. Wiadomo bowiem, że uzdatnianie osadów prowadzi się w kosztownych i skomplikowanych urządzeniach. Poniżej przedstawiono wyniki badań osadów ściekowych powstających w jednym z krajowych zakładów utylizacyjnych [3].

Cel i metodyka badań

Celem badań było określenie składu osadów powstających podczas biologicznego oczyszczania ścieków utylizacyjnych, w aspekcie możliwości ich rolniczego wykorzystania lub bezpiecznego składowania na wysypisku komunalnym. Wykonano badania składu chemicznego i bakteriologicznego, a na ich podstawie dokonano oceny właściwości osadów.

Analizy składu chemicznego osadów wykonano zgodnie z PN, a w ich zakres wchodziły następujące oznaczenia: uwodnienie, masa organiczna, tłuszcze, azot ogólny, fosfor ogólny, wapń, magnez, sód, potas i metale ciężkie. Wykonano także badania składu chemicznego ekstraktów wodnych (100 g osadu + 900 g H₂O dest.) oznaczając pH, zasadowość, kwasowość, wapń, magnez, sód i potas.

Analiza bakteriologiczna obejmowała następujące oznaczenia: NPL bakterii z grupy coli, miano coli, ogólną liczbę bakterii mezofilnych, psychrofilnych i zarodnikujących oraz ogólną liczbę bakterii na podłożach selektywnych (Mac Conkey'a, agarze SS, Soltysa i Levine'a). Dokonano również identyfikacji rodzajów i gatunków bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae*.

Wyniki badań

Skład chemiczny

Zawartość substancji nawozowych w osadach zestawiono w tabeli 1. Średnie ilości poszczególnych składników były następujące: azot ogólny 9,0‰ sm, fosfor ogólny 1,8‰ sm, potas 0,4‰ sm, wapń 0,8‰ sm, magnez 0,3‰ sm, masa organiczna 87,1‰ sm. Zawartość metali ciężkich w osadach przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 1
ZAWARTOŚĆ SUBSTANCJI NAWOZOWYCH W OSADACH

Nr próby	Uwodnienie	Azot ogólny (N)	Fosfor ogólny (P ₂ O ₅)	Masa organiczna	K	Ca	Mg
	% H ₂ O	% sm	% sm	% sm	% sm	% sm	% sm
1	97,6	9,12	2,07	85,9	0,45	1,04	0,38
2	97,7	8,30	2,19	86,3	0,44	1,04	0,24
3	94,7	9,07	—	87,6	0,35	0,70	0,24
4	94,9	9,41	—	87,7	0,32	0,60	0,28
5	98,3	8,95	1,48	86,2	0,43	0,60	0,28
6	98,2	9,20	1,46	86,9	0,46	0,76	0,25

Tabela 2
ZAWARTOŚĆ METALI CIĘŻKICH W OSADACH, ‰ sm

Metal	Ilość prób	max	min.	śr.
Fe	6	0,60	0,40	0,49
Mn	6	0,017	0,010	0,012
Zn	6	1,70	0,40	1,19
Cu	4	0,010	0,007	0,009
Co	6	0	0	0
Cd	6	śl.	0	śl.
Ni	6	śl.	0	śl.
Pb	5	0,010	0,008	0,008
Hg	8	0	0	0
As	8	0	0	0
Cr	6	0	0	0

Nie stwierdzono obecności kobaltu, chromu, arsenu i rtęci. Natomiast średnie ilości pozostałych metali były następujące: miedź 0,009‰ sm, cynk 1,19‰ sm, ołów 0,007‰ sm, a kadm i nikiel w jednej próbie wystąpiły w ilościach śladowych. Skład chemiczny ekstraktów wodnych osadów zamieszczono w tabeli 3.

Wykazano, że pH ekstraktów zmieniało się od 6,36 do 7,38, zasadowość od 80 do 115 g CaCO₃/m³, ilość jonów chlorkowych od 24 do 32 g Cl⁻/m³, a siarczanowych od 17,9 do 38,1 g SO₄²⁻/m³. Można stwierdzić, że badane osady pod względem zawartości substancji nawo-

Tabela 3
SKŁAD CHEMICZNY EKSTRAKTÓW WODNYCH

Nr próby	pH	Zasadowość g CaCO ₃ /m ³	Chlorki g Cl ⁻ /m ³	Siarczany g SO ₄ ²⁻ /m ³
1	7,24	80	28,0	37,2
2	7,38	80	32,0	38,1
3	6,36	110	26,0	17,9
4	6,45	115	26,0	19,1
5	7,05	90	24,0	25,2
6	7,10	95	26,0	27,8

Tabela 4
ZAWARTOŚĆ METALI CIĘŻKICH W BADANYCH OSADACH,
OSADACH Z INNYCH OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW, NAWOZACH
ORGANICZNYCH ORAZ ZALECANY ICH POZIOM W GLEBIE [4]

Metal	Osady badane ‰ sm	Inne osady ‰ sm	Nawozy organiczne ‰ sm	Zalecany poziom w glebie ‰ sm
Cu	0,007 ÷ 0,01	0,00044 ÷ 2,6	0,00014 ÷ 0,0062	0,0001 ÷ 0,01
Zn	0,400 ÷ 1,70	0,0072 ÷ 5,0	0,0015 ÷ 0,065	0,0005 ÷ 0,03
Pb	0,002 ÷ 0,01	0,0059 ÷ 0,8	0,015	0,0008 ÷ 0,01
Ni	0,01	0,0033 ÷ 1,7	0,0030	0,004 ÷ 0,01

wych charakteryzują się znacznym podobieństwem do osadów wykorzystywanych rolniczo [4, 5]. Ilość metali ciężkich obecnych w osadach jest niska, w porównaniu z ich zawartością w osadach z innych oczyszczalni ścieków. Po wprowadzeniu osadów do gleby obecne w nich metale ciężkie nie będą stanowiły zagrożenia dla gleby, a zatem i dla roślin (porównanie zamieszczono w tabeli 4).

Skład bakteriologiczny

Wyniki badań bakteriologicznych osadów zestawiono w tabelach 5÷8. Skład mikrobiologiczny osadów w 1 cm³ próby zmieniał się w następującym zakresie: NPL od 7 000 do 240 000 kolonii bakterii, miano coli od 0,01 do 0,0004, bakterie mezofilne od 220 000 do 800 000, psychrofilne od 220 000 do 3 700 000, zarodnikujące w 20°C od 280 do 3800 oraz zarodnikujące w 37°C od 280 do 36 000. Zatem ogólny stan bakteriologiczny osadów był charakterystyczny dla ścieków, na co wskazuje miano coli i NPL *Escherichia coli*.

Z uwagi na zachwianą proporcję bakterii psychrofilnych i mezofilnych, w osadach tych należało spodziewać się znacznych ilości bakterii patogennych lub względnie patogennych. Ponadto, ilość przetrwalnikujących bakterii mezofilnych była równa lub większa od ilości bakterii psychrofilnych, typowych dla środowiska wodnego i glebowego. Potwierdzeniem tych spostrzeżeń były badania ilościowe prowadzone dla rodziny *Enterobacteriaceae* na podłożach selektywnych. Ogólne ilości bakterii na podłożach selektywnych były następujące: podłoże Levine'a od 180 do 7000, Mac Conkey'a od 50 do 310 000, podłoże SS od 5 do 1000 i podłoże Sołtysa od 3 do 80 kolonii w 1 cm³ badanych osadów. Oprócz bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* wyrastały również

inne drobnoustroje. Były to laseczki i ziarniki gramdodatnie, drobnoustroje z rodziny *Actinomycetes* oraz grzyby. Udział jakościowy tych mikroorganizmów był dość wyraźny (tab. 7).

Tabela 5
NPL BAKTERII Z GRUPY COLI, MIANO COLI I OGÓLNA LICZBA BAKTERII (w 1 cm³)

Nr próby	NPL	Miano coli	Psychrofilne 20°C	Mezofilne 37°C	Przetrwalnikujące	
					20°C	37°C
1	7×10 ³	4×10 ⁻⁴	4×10 ⁵	22×10 ⁴	34×10 ¹	44×10 ¹
2	7×10 ⁴	4×10 ⁻⁴	37×10 ⁵	8×10 ⁵	23×10 ²	38×10 ²
3	24×10 ⁴	4×10 ⁻³	35×10 ⁴	8×10 ⁵	28×10 ¹	28×10 ¹
4	24×10 ⁴	1×10 ⁻³	43×10 ⁴	76×10 ⁴	37×10 ¹	10×10 ²
5	24×10 ⁴	1×10 ⁻²	22×10 ⁴	47×10 ⁴	38×10 ³	36×10 ³

Tabela 6
OGÓLNA LICZBA BAKTERII NA PODŁOŻACH SELEKTYWNYCH (w 1 cm³)

Nr próby	Levine	Mac Conkey	Agar SS	Sołtys
1	—	31×10 ⁴	5	80
2	—	5×10 ¹	10	20
3	34×10 ¹	7×10 ¹	48	3
4	18×10 ¹	23×10 ¹	15	7
5	7×10 ³	38×10 ³	1×10 ⁴	20

Tabela 7
SKŁAD JAKOŚCIOWY MIKROFLORY NA PODŁOŻACH SELEKTYWNYCH (w 1 cm³)

Nr próby	Pałeczki gramujemne					Inne drobnoustroje				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Rodzaj podłoża										
Levine	10	7	4	9	1	6	9	14	12	7
Mac Conkey	5	4	6	9	2	7	5	7	5	6
Agar SS	2	3	3	4	6	4	5	8	6	8
Sołtys	2	4	4	8	2	2	0	2	4	8

Tabela 8
PATOGENY I WZGLĘDNE PATOGENY WYHODOWANE Z OSADÓW ŚWIEŻYCH (w 1 cm³)

Gatunek bakterii	Liczba szczepów stwierdzonych w próbce osadu nr:				
	1	2	3	4	5
<i>Citrobacter intermedius</i>	—	—	2	4	—
<i>Citrobacter freundii</i>	6	1	—	—	1
<i>Enterobacter agglomerans</i>	3	3	2	4	3
<i>Enterobacter aerogenes</i>	—	1	1	—	—
<i>Enterobacter cloacae</i>	—	—	2	—	—
<i>Enterobacter hafniae</i>	—	—	1	—	—
<i>Escherichia coli</i>	1	2	3	1	1
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	—	—	—	1	—
<i>Klebsiella ozoneae</i>	—	1	—	—	—
<i>Klebsiella rhinoscleromatis</i>	1	1	3	—	1
<i>Klebsiella oxytoce</i>	—	—	1	—	—
<i>Proteus mirabilis</i>	2	—	—	2	1
<i>Proteus vulgaris</i>	3	1	1	5	—
<i>Salmonella paratyphi</i>	1	1	—	1	2
<i>Salmonella sp.</i>	—	—	2	—	—
<i>Serafia lignefaciens</i>	—	—	1	—	1
<i>Shigella flexneri</i>	—	1	—	1	—
<i>Shigella dysenteriae</i>	—	5	—	—	5
<i>Shigella sp.</i>	1	—	1	—	—
<i>Yersinia enterocolitica</i>	—	—	—	—	1

Tabela 9
CHOROBOTWÓRCZOŚĆ WYIZOLOWANYCH BAKTERII

Bakterie	Występowanie w środowisku	Występowanie w organizmie	Chorobotwórczość dla człowieka
Pałeczki okrężnicy <i>Escherichia</i>	również w tkankach poza przewodem pokarmowym	ludzie, zwierzęta	zapalenie pęcherzyka i dróg żółciowych, zapalenie opłucnej, posocznica, ropnie skóry
Rodzaj <i>Klebsiella</i>	woda, ścieki, mleko	przewód pokarmowy i drogi oddechowe człowieka	zapalenie płuc, angina, zapalenie ucha, infekcja dróg moczowych i żółciowych, wrzód mózgu
Pałeczki z rodziny <i>Proteus</i>	bardzo rozpowszechnione w środowisku	przewód pokarmowy ludzi i zwierząt	zatrucia pokarmowe, zapalenie dróg moczowych i żółciowych, zapalenie płuc, zapalenie opon mózgowych, zapalenie ucha środkowego
Rodzaj <i>Salmonella</i>	woda, ścieki, bardzo rozpowszechnione w środowisku	ssaki, ptaki i ziemiociecplne	dur brzuszny, dur rzekomy, posocznica, zatrucia pokarmowe
Rodzaj <i>Shigella</i>	woda, pokarm, stawonogi (muchy)	przewód pokarmowy ludzi i zwierząt	czerniak bakteryjny
<i>Yersinia enterocolitica</i>	bardzo rozpowszechnione w środowisku	zwierzęta dzikie i domowe, ludzie	posocznica, zapalenie żołądkowo-jelitowe, stany zapalne skóry

Znaczącym zagadnieniem w aspekcie możliwości rolniczego wykorzystania osadów są zawarte w nich bakterie chorobotwórcze. Dlatego też przeprowadzono pełną identyfikację pałeczek gramujemnych wyizolowanych na podłożach selektywnych dla rodziny *Enterobacteriaceae* (tab. 8). Wszystkie wyhodowane szczepy bakterii należące do rodziny *Enterobacteriaceae* są chorobotwórcze dla ludzi i w większości dla organizmów zwierzęcych [2]. Stwierdzenie powyższe zilustrowano w tabeli 9.

Wiele z wyizolowanych szczepów rodziny *Enterobacteriaceae* wykazuje zwiększoną odporność na działanie szkodliwych czynników środowiska, charakteryzując się znaczną przeżywalnością w warunkach zewnętrznych, gdzie coraz większa grupa drobnoustrojów nabywa odporności.

Podsumowanie

Przy ocenie osadów ściekowych powinno się stosować — jako równoważne — kryterium chemiczne i biologiczne. Według kryterium chemicznego, osady te są przydatne do rolniczego wykorzystania, gdyż nie zawierają podwyższonych ilości substancji toksycznych. Natomiast uwzględniając ewentualną możliwość ich składowania na wysypisku należy spodziewać się, że z uwagi na podwyższoną ilość substancji organicznych będą one zagniwać, powodując uciążliwości zapachowe. Według kryterium biologicznego, osady te w stanie surowym nie mogą być wykorzystywane rolniczo, a także bezpiecznie składowane na wysypisku, gdyż zawierają duże ilości bakterii chorobotwórczych o znacznej przeżywalności w środowisku. W związku z tym możliwe są dwie technologie stabilizacji składu omawianych osadów. Jako jedną z nich proponuje się stabilizację chemiczną wapnem, zapewniającą uzyskanie produktu zdolnego do bezpiecznego składowania na wysypisku lub do wykorzystania w rolnictwie jako czynnika odkwaszającego glebę. Drugim rozwiązaniem może być przetworzenie tych osadów na kompost. Proponuje się zatem wspólne kompostowanie osadów z odpadami ogrodnictwymi i rolniczymi. Uzyskany substrat będzie miał właściwości nawozowe oraz strukturotwórcze dla gleby. Oczywiście w obu rozpatrywanych rozwiązaniach należy przeprowadzić badania technologiczne w celu określenia właściwych proporcji komponentów.

LITERATURA

1. Praca zbiorowa: Utilisation of Sewage Sludge on Land: Rates of Application and Long-Term Effects of Metals. Proceedings of a seminar held at Uppsala, 7—9.06.1983.
2. T. MARCINKOWSKI: Zagrożenie środowiska organizmami chorobotwórczymi występującymi w ściekach miejskich i ich osadach. GWTS, nr 8—9, LX, s. 186—188.
3. T. MARCINKOWSKI i inni: Badania składu osadów z biologicznego oczyszczania ścieków utylizacyjnych. Raport Inst. Inż. Ochr. Środow. Politechniki Wrocławskiej, SPR 54/88, 1988.
4. J. CEBULA: Kryterium przydatności osadów ściekowych w rolnictwie ich wykorzystaniu. Prace naukowe IMGW, Warszawa 1931.
5. J. A. HUDSON i inni: Disposal of Sewage Sludge to Land. Wat. Poll. Control, s. 370—387, 1980.

COMPOSITION OF SEWAGE SLUDGES AND THEIR UTILIZATION

Sludges produced during biological treatment were analyzed for their chemical and bacteriological composition. The objective of the study was to determine whether they might be used for agricultural needs or should be transported to a dumping site for sto-

rage. Chemical analysis aimed at determining primarily the concentrations of fertilizing and toxic substances. Bacteriological analysis was carried out to determine the counts of Enterobacteriaceae. The results have shown that the investigated sludges are fit for agricultural uses (after appropriate processing); they can be of utility as composts or organic-calcium fertilizers.