

## OCZYSZCZANIE ŚCIEKÓW MIEJSKICH W GLEBIE Z PUNKTU WIDZENIA SANITARNEGO

STANISŁAW MARCILONEK, HALINA MEKS-BURMECHA

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych TOB Wrocław

Obecnie przyjęło się na ogół zgodne przekonanie, że oczyszczanie ścieków w połączeniu z wykorzystaniem ich wartości zwilżająco-użyźniających na polach nawadnianych jest niezawodne i daje lepsze wyniki sanitarne niż oczyszczanie sztuczne. W procesie naturalnego biologicznego oczyszczania, w odróżnieniu od sztucznego, bierze udział środowisko glebowe oraz roślinność. Miejskie wody ściekowe mogą jednak zawierać bakterie i wirusy chorobotwórcze oraz pasożyty, które stwarzają potencjalne niebezpieczeństwo epidemiologiczne w przypadku nie przestrzegania podstawowych warunków sanitarnych.

Proces samooczyszczania się środowiska pól nawadnianych, powietrza, gleby i roślinności wymaga pewnego okresu czasu. Z tych względów prace naukowo-badawcze w zakresie sanitarnych warunków i higieny terenów nawadnianych ściekami powinny ustalić:

- 1) stopień oczyszczania się ścieków miejskich w naturalnym środowisku glebowym w okresach wegetacyjnym i pozawegetacyjnym;
- 2) stopień zakażenia i dynamikę samooczyszczania się powietrza, roślinności i gleby;
- 3) wskazania i środki zapewniające utrzymanie odpowiedniego stanu sanitarnego pól rolnych i środowiska terenów nawadnianych.

W referacie niniejszym pragniemy przedstawić wyniki badań dotyczących oczyszczania się ścieków miejskich w glebie, zatrzymywania bakterii w profilu glebowym, a także przebiegu samooczyszczania się gleby. Materiały zostały zebrane w Instytucie Melioracji i Użytków Zielonych oraz w Wyższej Szkole Rolniczej we Wrocławiu. Uzyskano je bądź to z pól doświadczalnych, bądź też z badań lizymetrycznych.

Gleba dzięki zdolnościom sorpcyjnym zatrzymuje zawiesiny, koloidy i roztwory ścieków miejskich. W naturalnym środowisku glebowym związki organiczne ścieków miejskich ulegają rozkładowi w warunkach tlenowych; dzięki pobieraniu składników pokarmowych i wody przez roślin-

ność, wchodzą one do obiegu biologicznego. Stąd wynika odrębność procesu oczyszczania ścieków miejskich na polach nawadnianych w porównaniu do przebiegu tego procesu w sztucznej biologicznej oczyszczalni.

Niejednokrotnie technika sanitarna poleca poddanie ścieków miejskich pełnemu oczyszczeniu biologicznemu przed ich rolniczym wykorzystaniem. W ten sposób uległyby poprawie wskaźniki sanitarne tych wód i nastąpiłaby mineralizacja zawartych w nich związków organicznych. Z rolniczego punktu widzenia stanowiłoby to jednak obniżenie wartości użyźniającej wód ściekowych. Z parazytologicznego punktu widzenia uzasadnione jest jedynie wstępne oczyszczenie ścieków miejskich w osadnikach.

Żyzność wód ściekowych uzależniona jest nie tylko od zawartości poszczególnych składników pokarmowych, lecz również od postaci związków doprowadzanych do gleby. Na przykład ścieki miasta Wrocławia, po wstępnym oczyszczeniu w osadniku, zawierają przeciętnie 80% azotu w po-

Tabela 1

Zmiany zawartości azotu ogólnego w odcieku z gleby piaszczystej w zależności od rodzaju wody użytej do nawodnień (wg S. Ząbka)

Изменения в содержании общего азота в оттоке с песчаной почвы в зависимости от рода воды используемой для орошений (по С. Зомбеку)

Veränderungen im Gehalt des allgemeinen Stickstoffs im Abfluss aus sandigen Boden, je nach der Art des zur Bewässerung gebrauchten Wassers (nach S. Ząbek)

Wyszczególnienie Наименование Verzeichnis	N — og w mg/l Общий азот в мг/л Allgemeiner N in mg/l		%		Ilość pomiarów Количе- ство из- мерений Zahl der Messun- gen
	doprowa- dzalnik в ПОДВО- ДИТЕЛЬ- НОМ КА- НАЛЕ im Zulei- tungsgra- ben	odciek в ОТТОКЕ im Abfluss	doprowa- dzalnik в ПОДВО- ДИТЕЛЬ- НОМ КА- НАЛЕ im Zulei- tungsgra- ben	odciek в ОТТОКЕ im Abfluss	
Woda ściekowa Сточная вода Abwasser	43,3	3,8	100	8,8	7
Odływ z przeciążonych pól irygacyjnych Отток с ирригационных полей с чрезмерной нагрузкой сточ- ных вод Abfluss von überbelasteten Irrigationsfeldern	25,8	15,9	100	61,6	8

staci organicznej i amonowej. Jak wiadomo związki te ulegają w glebie prawie 100-procentowej sorpcji. Dane zawarte w tabeli 1 wykazują, że zdolność zatrzymywania w glebie azotu z wody ściekowej i odpływu z przeciążonych pól irygowanych jest różna.

W odcieku z gleby piaszczystej umieszczonej w lizymetrach stwierdzono w przypadku nawadniania wodą ściekową około 9,0‰ azotu, a przy nawadnianiu wodą gruntową z pól irygowanych ponad 60‰ azotu, w porównaniu do jego zawartości w wodzie doprowadzonej. Świadczy to o niecelowości mineralizacji ścieków miejskich przed ich rolniczym wykorzystaniem.

Woda ściekowa, wsiąkając w głąb profilu glebowego, wpływa na właściwości fazy stałej, płynnej i gazowej gleby. Nadmiar wody przesiąkający do podglebia bądź do wód gruntowych posiada inne właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne.

Tabela 2

Miano coli w wodzie gruntowej w Psim Polu — 1956 r. (gleba — mada średnia naglinowa, zwierciadło wody gruntowej od 70 do 100 cm, miano coli w wodzie ściekowej  $10^{-5}$ — $10^{-6}$ )

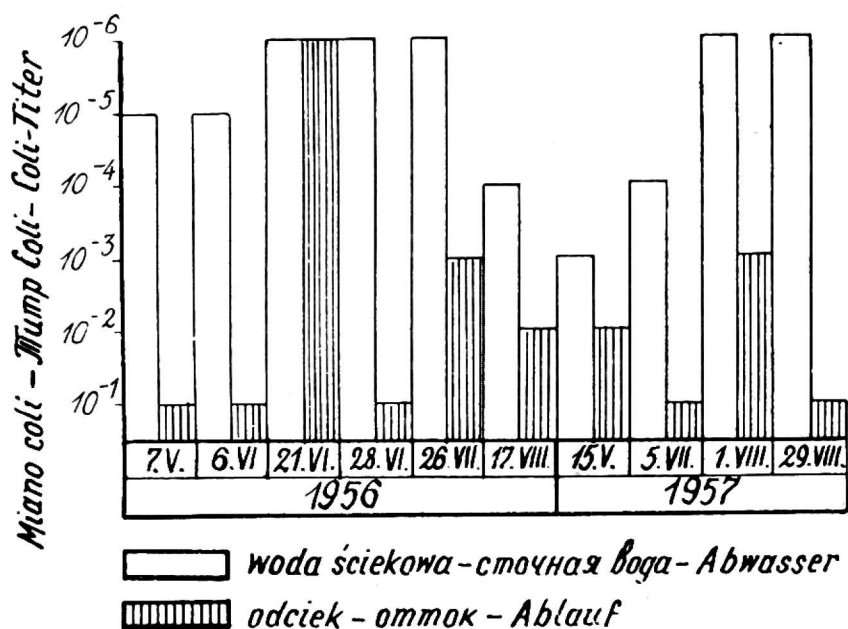
Титр Coli в грунтовой воде в местности Псе Поле в 1956 г. (почва — среднетяжелая мада подстеленная глиной; уровень грунтовой воды 70—100 см; титр Coli в сточной воде  $10^{-5}$ — $10^{-6}$ )

Coli-Titer im Grundwasser in Psie Pole im Jahre 1956

(Boden — mittelschwerer alluvialer Flussboden auf Lehm; Grundwasserstand 70—100 cm; Coli-Titer des Abwassers  $10^{-5}$  —  $10^{-6}$ )

System nawodnienia Система орошения Bewässerungssystem	Okres pobrania próbek Период отбора образцов воды Zeit der Probeentnahme	Data pobierania próbek wody Дата отбора образцов воды Daten der Entnahme der Wasserproben							
		7.VI	8.VI	17.VI	18.VI	21.VII	22.VII	18.VIII	22.VIII
Bruzdowe По бороздам Furchenbewässerung	przed nawodnieniem до орошения vor Bewässerung	$10^{-2}$		$10^{-3}$		$10^{-2}$		$10^{-3}$	—
	Po nawodnieniu после орошения nach Bewässerung		$10^{-3}$		$10^{-3}$		$10^{-3}$	$10^{-4}$	—
Wgłębne Подпочвенное Untergrundbewässerung	przed nawodnieniem до орошения vor Bewässerung	$10^{-3}$		$10^{-2}$		$10^{-2}$		$10^{-2}$	—
	Po nawodnieniu после орошения nach Bewässerung		$10^{-2}$		$10^{-3}$		$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$

.W tabeli 2 przytoczono zmiany miana *E. coli* wody gruntowej po nawodnieniu pola systemem brzdowym i wgłębnym w okresie wegetacji kukurydzy. Wyniki podane w tabeli 2 uzyskano na madzie lekkiej naglinowej z płytkim zwierciadłem wody gruntowej (od 70 do 100 cm). Dawki polewowe rzędu od 40 do 70 mm wpływały na krótkotrwałe podniesienie się poziomu wody gruntowej o 10 do 40 cm. Rozprowadzana woda ściekowa posiadała miano coli rzędu  $10^{-5}$ — $10^{-6}$ . Porównując miano coli wody ściekowej i wody gruntowej po każdorazowym nawodnieniu można wnioskować o dużej redukcji, w wyniku sorpcji głębowej, bakterii coli w wodzie przesiąkającej. Tylko w niektórych przypadkach stwierdzono pewne nieznaczne zmniejszenie się miana coli wody gruntowej po nawodnieniu. Najczęściej wskaźnik ten spada z  $10^{-2}$  do  $10^{-3}$ .



Rys. 1. Miano coli wody ściekowej i odcieku z gleby piaszczystej w lizymetrach przy dawce 100 mm (wg S. Ząbka)

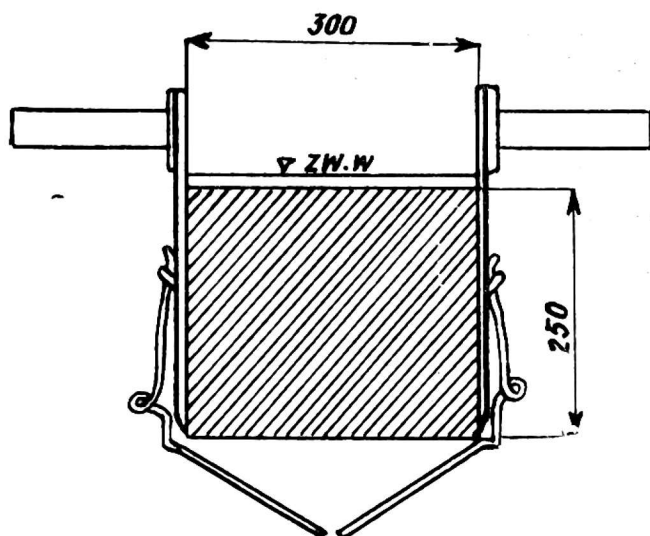
Рис. 1. Титр *Coli* сточной воды и оттоке из песчаной почвы в лизиметрах при норме полива 100 мм (по Зомбеку)

Abb. 1. *Coli*-Titer des Abwassers und des Ablaufs aus dem Sandboden in Lysimetern bei der Bewässerungsgabe von 100 mm (nach Ząbek)

Podobne badania wykonane w warunkach lizymetrycznych (rys. 1) wykazują analogiczny kierunek zmian miana coli. W tych badaniach do lizymetrów o głębokości 120 cm, napełnionych glebą piaszczystą porośniętą trawami, doprowadzono każdorazowo 100 mm wody ściekowej. Woda ściekowa wykazywała miano coli  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ , a odciek najczęściej —  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  bądź  $10^{-3}$ .



Szczegółowe studia nad oczyszczaniem ścieków w glebie przeprowadzono w specjalnych lizymetrach, które napełniano glebą o nienaruszonej strukturze. Do metalowych cylindrów były pobierane monolity powierzchniowej warstwy gleby o miąższości od 0—25 cm, 0—40 cm i 0—60 cm. Cylindry o średnicy 30 cm stopniowo wciskano w glebę na pożądaną głębokość. U spodu pobranego monolitu zakładano lej z siatką filtracyjną, jak to uwidoczono na rysunku 2.



Rys. 2. Przekrój cylindra do pobierania monolitu glebowego o naturalnej strukturze

Рис. 2. Разрез цилиндра для отбора почвенных монолитов с ненарушенной структурой

Abb. 2. Querschnitt des Zylinders zur Entnahme der Bodenmonolite mit unversehrter Struktur

Przy pomocy tych lizymetrów w latach 1958—1960 wykonano 20 serii pomiarów bakteriologicznych na piasku luźnym lub na piasku słabogliniastym. W czasie nawodnienia dawką od 43 do 86 mm, na powierzchni gleby utrzymywano 2 cm warstwę wody ściekowej. W ten sposób starano się stworzyć warunki zbliżone do stosunków wodnych panujących w poszczególnych poziomach profilu glebowego podczas nawodnień polowych.

Na rysunku 3 przedstawiono przykładowo kształtowanie się procentowego spadku w glebie ogólnej ilości bakterii dostarczonych z wodą ściekową w poszczególnych fazach odpływu w czasie ( $t_p$  — początkowa,  $t_{sr}$  — środkowa,  $t_k$  — końcowa). Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że zdolność zatrzymywania bakterii w glebie uzależniona jest od fazy przesiąkania. W pierwszej fazie odpływu zdolność zatrzymywania jest najmniejsza, a zwiększa się w fazach następnych. Jak wiadomo woda, zwłaszcza przy nawodnieniach grawitacyjnych, działa destrukcyjnie na glebę; następuje przy tym przegrupowanie poszczególnych jej cząsteczek i pęcznienie koloidów, wskutek czego gleba lepiej filtruje ścieki. Na uwagę zasługuje wysoki wskaźnik procentowej redukcji ogólnej ilości bakterii w warstwie gleby od 0 do 25 cm (rys. 3a), który tylko nieznacznie zwiększa się w warstwie od 0 do 60 cm (rys. 3b).

Na rysunku 4, 5, 6 przedstawiono zależność zatrzymywania wody, azotu ogólnego i bakterii w poszczególnych warstwach profilu glebowego. Procentowy wskaźnik zatrzymywania azotu i bakterii ( $\alpha$ ) obliczono według relacji:

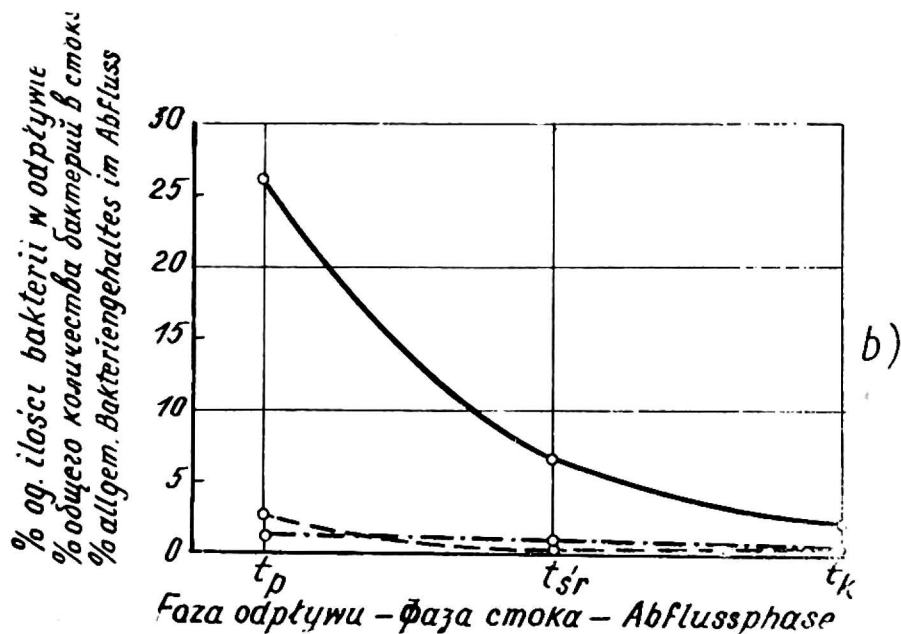
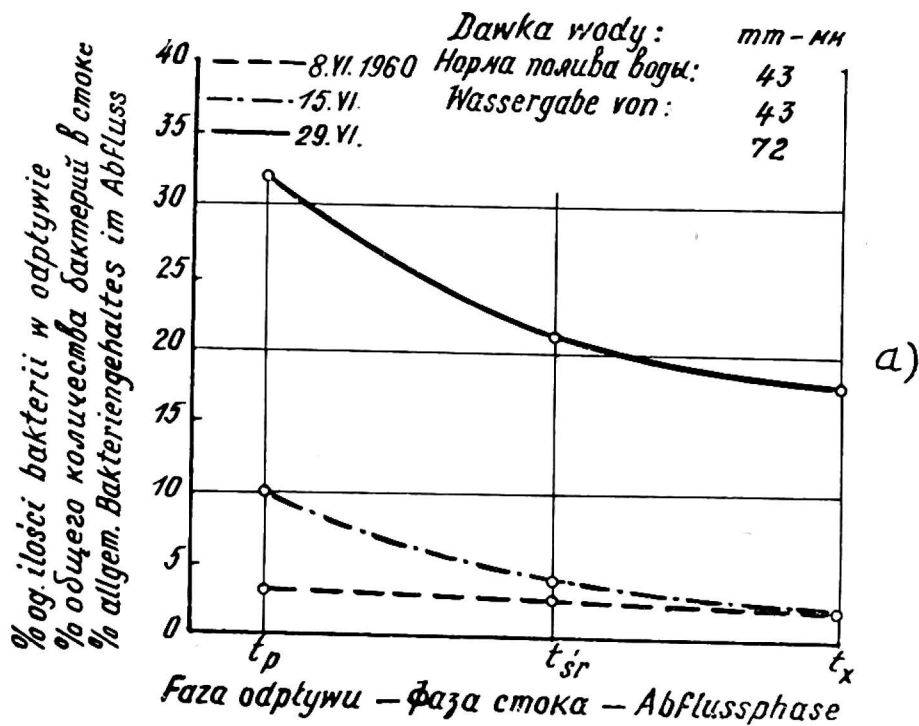
$$\alpha = \frac{d \cdot c_1 - h \cdot c_2}{d \cdot c_1} \cdot 100\%$$

gdzie:  $d$  — dawka wody ściekowej w l,

$c_1$  — zawartość azotu lub bakterii w 1 litrze wody ściekowej,

$h$  — ilość odpływu w l,

$c_2$  — zawartość azotu lub bakterii w 1 litrze odpływu.



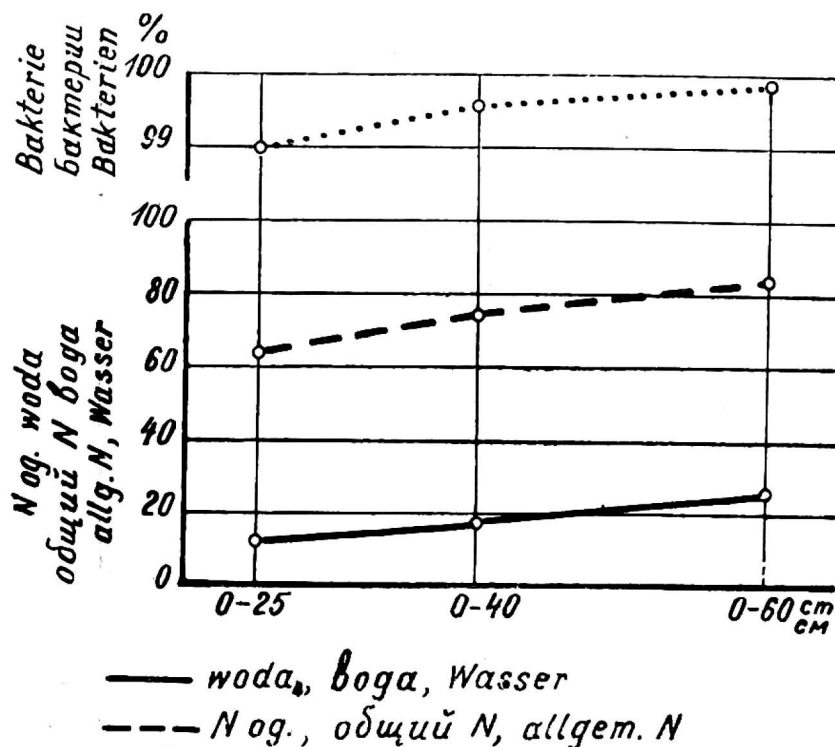
Rys. 3. Procentowe zmniejszenie ogólnej ilości bakterii w odpływie: a) warstwa gleby 0—25 cm; b) warstwa gleby 0—60 cm

Рис. 3. Процентное снижение общего количества бактерий в стоке а) горизонт почвы 0—25 см; б) горизонт почвы 0—60

Abb. 3. Prozentische Abnahme des allgemeinen Bakteriengehaltes im Abfluss. а) Bodenschicht von 0—25 cm; б) Bodenschicht von 0—60 cm

Ten sposób obliczania wskaźnika  $\alpha$  ujmuje ilościowo ogólną redukcję azotu lub bakterii w glebie w stosunku do ich zawartości w wodzie ściekowej.

Rysunek 4 przedstawia stopień zatrzymywania wody, azotu i bakterii w glebie piaszczystej wilgotnej. Przy dawce 43 mm, poszczególne warstwy



Rys. 4. Zatrzymywanie w glebie wody, azotu ogólnego i bakterii w poszczególnych warstwach gleby.

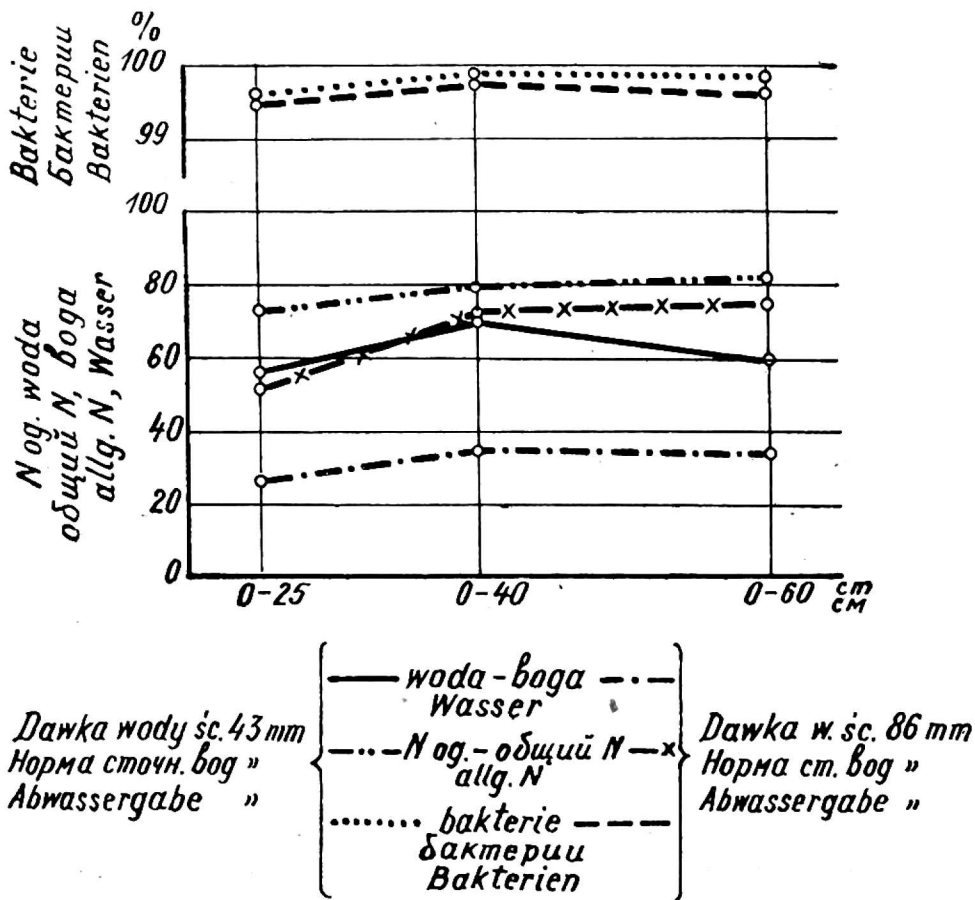
Dawka wody 43 mm

Рис. 4. Задержание воды, общего азота и бактерий в отдельных горизонтах почвы. Норма полива 43 мм  
Abb. 4. Zurückhaltung des Wassers, des allgemeinen Stickstoffs und der Bakterien in einzelnen Bodenschichten. Wassergabe von 43 mm

gleby zatrzymały następujące ilości wody: w warstwie od 0 do 25 cm — 12%, od 0 do 40 cm — 19% i od 0 do 60 cm — 25%. Znacznie korzystniej układa się wskaźnik zatrzymywania azotu, który zwiększa się od 64 do 84%. Jak wynika z górnej części wykresu, w warstwie gleby od 0 do 25 cm zatrzymało się 99% bakterii doprowadzonych, od 0 do 40 cm — 99,6% oraz od 0 do 60 cm — 99,9% bakterii doprowadzonych. Tak więc na lekkiej i wilgotnej glebie uzyskano nadzwyczaj wysokie wskaźniki oczyszczania ścieków miejskich.

Na rysunku 5 przedstawiono podobne wartości z serii badań wykonanych na piasku gliniastym przy dawce wody ściekowej 43 i 86 mm. Dane te świadczą, że przy jednorazowej dawce 86 mm ścieków procentowa ilość zatrzymanych bakterii była tylko nieznacznie mniejsza niż przy dawce 43 mm.

Rysunek 6 został opracowany na podstawie wyników podobnych badań przeprowadzonych na piasku gliniastym; przy dawce wyższej (72 mm) uzyskano wyższy wskaźnik zatrzymywania bakterii niż przy dawce niższej (43 mm).



Rys. 5. Zatrzymywanie wody, azotu ogólnego i bakterii w poszczególnych warstwach gleby (dawki ścieków 43 i 86 mm)

Рис. 5. Задержание воды, общего азота и бактерий в отдельных горизонтах почвы (нормы сточных вод 43 и 86 мм)

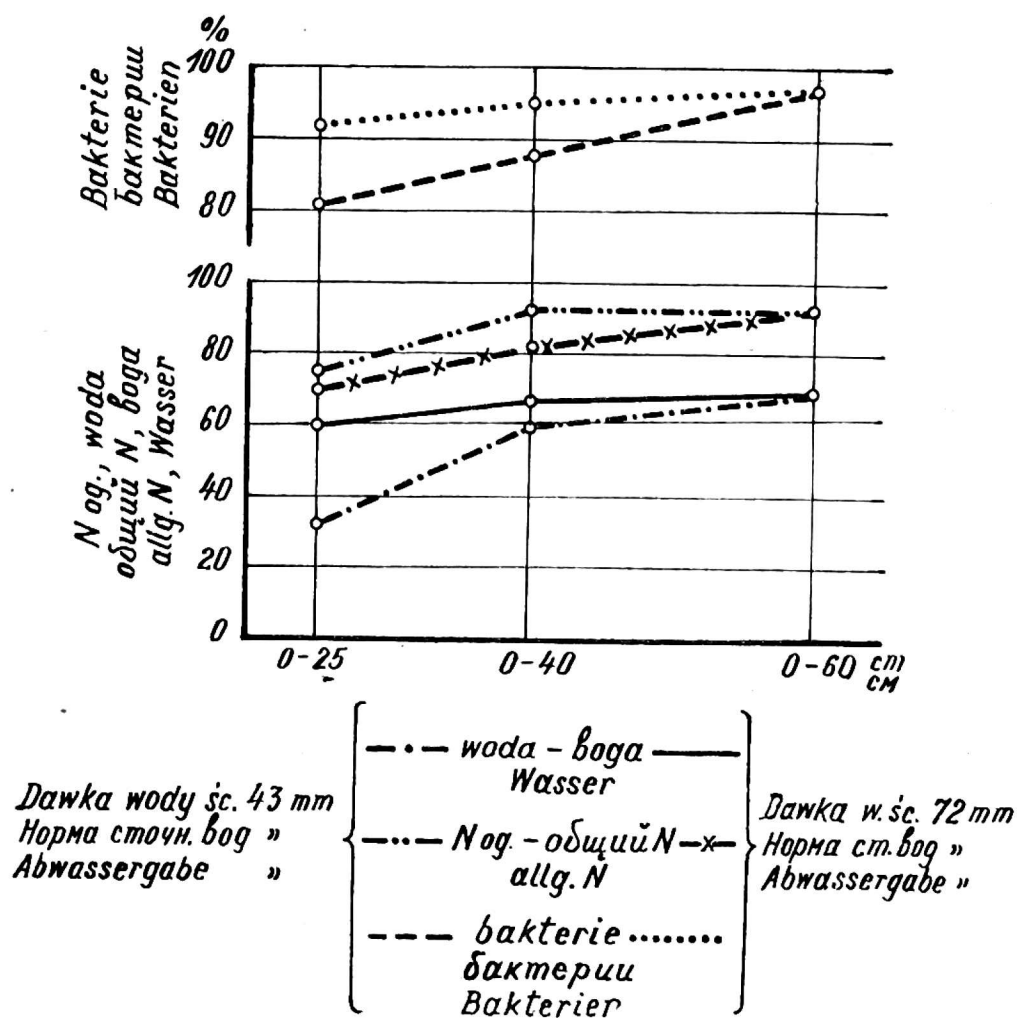
Abb. 5. Zurückhaltung des Wassers, des allgemeinen Stickstoffs und der Bakterien in einzelnen Bodenschichten (Abwassergabe 43 und 86 mm)

Przytoczone badania lizymetryczne rzucają światło na proces zatrzymywania wody, składników nawozowych i bakterii w glebie. Już w powierzchniowej, najbardziej czynnej biologicznie, warstwie gleby — od 0 do 25 cm zatrzymane zostaje przeciętnie od 80 do 99% ogólnej ilości bakterii. W warstwie od 0 do 60 cm wskaźnik ten przekraczał 99% bakterii doprowadzonych z wodą ściekową.

W tych samych badaniach lizymetrycznych prowadzono również oznaczenia miana coli wody ściekowej i odpływu. Zestawione w tabeli 3 wartości wykazują, że miano coli wody odpływającej z gleby, zwłaszcza z warstwy od 0 do 60 cm, ulega wyraźnej zmianie. Zawartość komórek

bakterii coli w jednostce objętości wody odpływającej zostaje znacznie zredukowana w porównaniu do wody ściekowej. Przykładowo: jeżeli woda ściekowa wykazuje miano coli  $10^{-5}$ , a odpływ  $10^{-3}$ , redukcja wynosi około 99%.

W uzupełnieniu naszych doświadczeń przytaczamy badania Balićkiej i Sobieszczańskiego, poświęcone zdolności zatrzymywania bakterii z grupy coli przez różne gleby, wykonane w warunkach laboratoryjnych (tabela 4). Glebę sproszkowaną umieszczano na lejkach laboratoryjnych i zalewano przygotowaną specjalnie zawiesiną bakterii coli



Rys. 6. Zatrzymywanie wody, azotu ogólnego i bakterii w poszczególnych warstwach gleby (dawki ścieków 43 i 72 mm)  
 Рис. 6. Задержание воды, общего азота и бактерий в отдельных горизонтах почвы (нормы сточных вод 43 и 72 мм)  
 Abb. 6. Zurückhaltung des Wassers, des allgemeinen Stickstoffs und der Bakterien in einzelnen Bodenschichten (Abwassergabe 43 und 72 mm)

o mianie  $10^{-5}$ . Wyniki uzyskano zgodnie z przewidywaniem. Największą zdolnością sorpcyjną odznaczał się il, a najmniejszą piasek. Inaczej jednak przedstawiała się zdolność sorpcji bakterii przez te gleby w przypadku zalania ich surowymi wodami ściekowymi o mianie coli  $10^{-4}$ . W tym przy-



Miano coli w ściekach miejskich i odpływie z gleby piaszczystej na  
 Титр Coli в коммунальных сточных водах и в оттоке с песчаной почвы, определен  
 Coli-Titer in städtischen Abwässern und im Abfluss aus sandigem Boden

	1958						
	10.VI	2.VII	20.VIII	21.VIII	12.IX	13.IX	10.X
Dawka ścieków w mm Норма сточных вод мм Abwassergabe in mm	43	43	86	43	86	86	43
Miano coli wody ściekowej Титр Coli сточных вод Coli-Titer des Abwassers	$10^{-6}$	$10^{-6}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-5}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$
Odciek 0—25 cm Отток 0—25 см Abfluss 0—25 cm	$10^{-2}$	$10^{-2}$	$10^{-6}$	$10^{-4}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	$10^{-3}$
Odciek 0—40 cm Отток 0—40 см Abfluss 0—40 cm	$10^{-2}$	$10^{-2}$	$10^{-6}$	$10^{-4}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-3}$
Odciek 0—60 cm Отток 0—60 см Abfluss 0—60 cm	$10^{-1}$	$10^{-1}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-1}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$

padku odciek z poszczególnych gleb wykazywał znacznie wyższe miano coli niż przy stosowaniu zawiesiny bakteryjnej. Świadczy to, że bakterie w wodzie ściekowej przypuszczalnie utrzymują się głównie na martwych związkach organicznych, ulegających łatwiej sorpcji mechanicznej w glebie.

Badania lizymetryczne zarówno nasze, jak i uprzednio wspomnianych autorów, pozwoliły stwierdzić, że gleby o układzie związłym na ogół lepiej oczyszczają ścieki niż gleby z dużym udziałem porów niekapilarnych. Również gleba wilgotna ma większe zdolności zatrzymywania bakterii niż gleba sucha.

Na zakończenie należy naświetlić zagadnienie samooczyszczania się gleby po nawodnieniu. Wprowadzone do gleby bakterie chorobotwórcze po pewnym czasie giną. Przy tlenowym procesie rozkładu wprowadzonej substancji organicznej w glebie panują warunki sprzyjające jej samooczyszczaniu się. Komórki bakterii z grupy coli w obcym środowisku giną, tracąc pożywkę w wyniku antagonistycznego działania mikroflory glebowej oraz systemu korzeniowego roślin.

Na rysunku 7 przedstawiono zmiany zawartości bakterii coli w glebie nawadnianej bruzdowo; wyniki te uzyskano na madzie średniej pod uprawą ziemniaków. Po nawodnieniu dawką ścieków od 35 do 60 mm każdorazowo zachodził spadek miana coli w glebie. Jednak, przeciętnie do 3 ty-

Tabela 3

podstawie badań lizymetrycznych przeprowadzonych w latach 1958—1960  
 ный на основании лизиметрических опытов произведенных в период 1958—1960 гг.  
 bestimmt auf Grund der in Jahren 1958—1960 durchgeführten Lysimeterversuche

1959							1960			
11.VIII	14.VIII	1.X	9.IX	13.X	20.X	10.X	8.VI	15.VI	29.VI	19.VII
43	43	86	72	86	43	43	43	43	72	72
$10^{-5}$	—	$10^{-5}$	$10^{-5}$	$10^{-5}$	$10^{-5}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-4}$	$10^{-4}$	$10^{-4}$
$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-4}$	$10^{-4}$	$10^{-4}$	$10^{-2}$	$10^{-2}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-3}$	$10^{-5}$
$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-4}$	$10^{-2}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-4}$	$10^{-2}$
$10^{-2}$	$10^{-1}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-4}$	$10^{-2}$	$10^{-2}$	$10^{-2}$	$10^{-2}$

godni po nawodnieniu, gleba na głębokości 10 i 50 cm miała miano coli takie jak przed nawodnieniem.

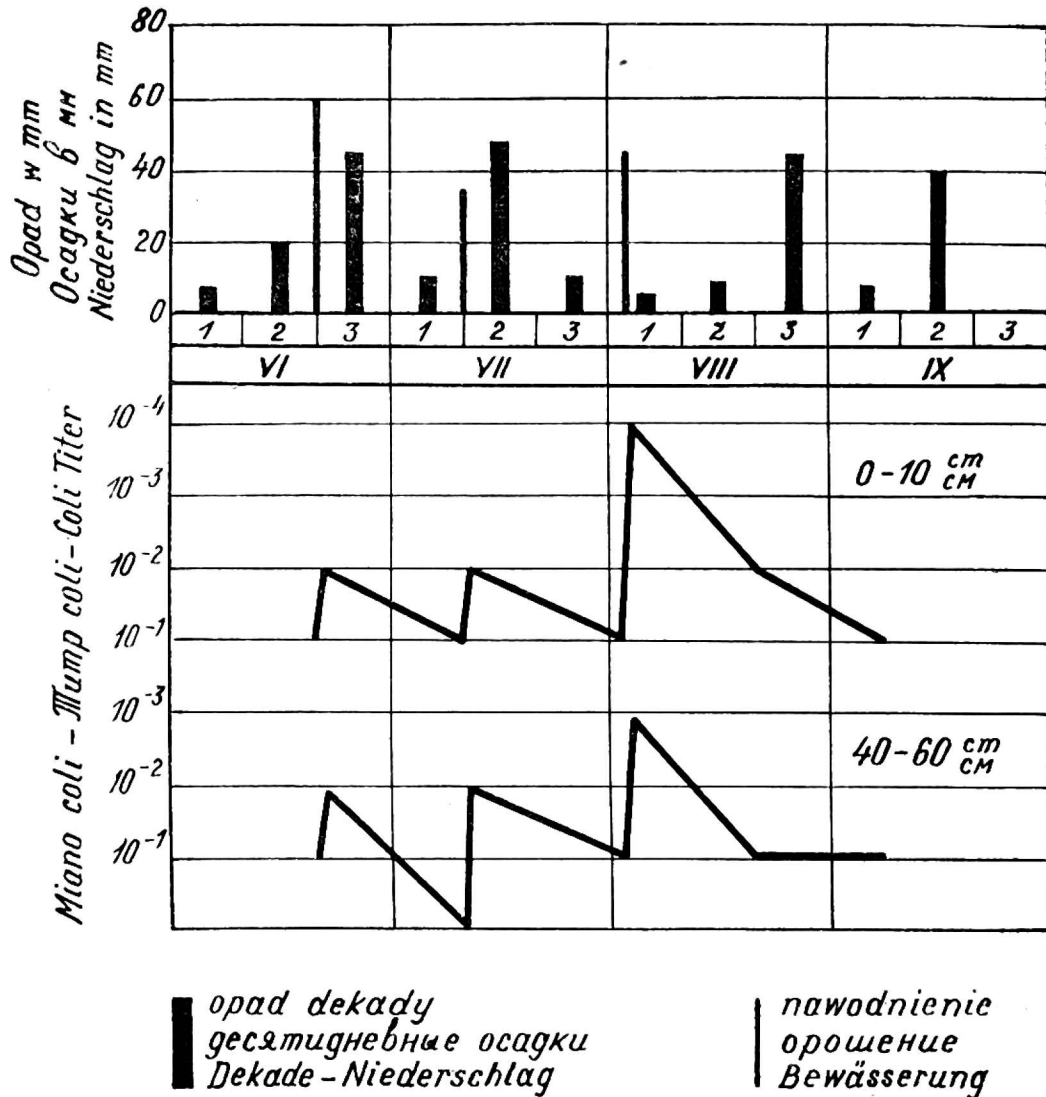
W Kamieńcu Wrocławskim, na piasku słabo-gliniastym, pod jęczmie-niem jarym proces samooczyszczania zasadniczo został zakończony w cią-gu 14 dni. Stosowano tam nawodnienie smużne dawką 40 mm ścieków (tab. 5).

Doświadczenia wazonowe Balickiej i Sobieszcańskiego wykazały, że w samooczyszczaniu się gleby pewną rolę spełnia rozwijająca się roślinność. Z przytoczonego w tabeli 6 zestawienia wynika, że w glebie pokrytej roślinnością proces samooczyszczania się przebiegał szybciej niż w glebie nie porośniętej.

Wstępne badania wspomnianych autorów nad rolą systemu korzenio-wego roślin w oczyszczaniu gleby dowiodły, że w otoczeniu korzeni po-wstają strefy, w których rozwój bakterii z grupy coli jest zahamowany; przypuszczalnie w otoczeniu korzeni zachodzi antagonistyczne oddziały-wanie mikroflory korzeniowej, a również samych korzeni wskutek za-kwaszenia środowiska.

Przedstawione powyżej wyniki badań należy traktować jako wyniki wstępne do poznania procesów oczyszczania się ścieków w środowisku gle-bowym na polach nawadnianych. Dotyczą one nawodnień grawitacyjnych,

które stwarzają mniej korzystne warunki oczyszczania ścieków w porównaniu do nawodnień deszczownianych.



Rys. 7. Zmiany miana coli w glebie nawadnianej ściekami miejskimi. Psie Pole 1956 r.

Рис. 7. Изменение титра Coli в почве орошаемой коммунальными сточными водами. Псе Поле 1956 г.

Abb. 7. Änderungen des Coli-Titers in dem mit städtischen Abwässern bewässerten Boden. Psie Pole 1956

Na podstawie dotychczasowych badań można sformułować następujące wnioski:

1. Ścieki miejskie przed rolniczym wykorzystaniem należy poddać tylko wstępnemu, mechanicznemu oczyszczeniu w osadnikach. Pełne biologiczne oczyszczanie w oczyszczalniach sztucznych nie jest uzasadnione z punktu widzenia rolniczego i sanitarnego.

2. Bakterie dostarczone z wodą ściekową ulegają sorpcji, głównie w powierzchniowej warstwie gleby, gdzie warunki do samooczyszczania się kształtują się korzystnie.

Tabela 4

Miano coli odcieku z różnych gleb; (dawka zawiesiny 20 ml; miano coli zawiesiny  $10^{-5}$  wg Balickiej i Sobieszcańskiego)

Титр *Coli* оттока с разных почв; доза взвеси — 20 мл; титр *Coli* взвеси  $10^{-5}$   
(по Балицкой и Собещаньскому)

Coli-Titer des Abflusses aus verschiedenen Böden; Suspensionsgabe — 20 ml,  
Coli-Titer der Suspension —  $10^{-5}$  (nach Balicka und Sobieszcański)

Rodzaj gleby Род почвы Bodenart	Odpływ w ml Отток в мл Abfluss in ml	Data pobrania próbek Дата отбора образцов Daten der Probeentnahme				
		16. III	24. III	26. III	28. III	10. VI <sup>1)</sup>
Ил Ил Ton	17	$<10^{-2}$	$<10^{-2}$	$<10^{-2}$	$<10^{-2}$	$<10^{-2}$
Gлина średnia Среднетяжелая глина Mittelschwerer Lehm	16	$<10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-4}$	$<10^{-2}$
Gлина lekka Легкая глина Leichter Lehm	17	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-5}$	$<10^{-2}$
Piasek luźny drobny Рыхлый мелкозернистый песок Kleinkörniger loser Sand	16	$10^{-6}$	$10^{-6}$	$10^{-6}$	$10^{-6}$	$10^{-2}$
Piasek rzeczny Речной песок Flussand	17	$10^{-6}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-5}$	$10^{-3}$

1) podano wodę ściekową o mianie coli  $10^{-4}$   
приводится сточная вода с титром *Coli*  $10^{-4}$

1) es wurde das Abwasser mit dem Coli-Titer von  $10^{-4}$  angegeben

Tabela 5

Zmiany miana coli w glebie lekkiej w Kamieńcu Wrocławskim po nawodnieniu  
dawką 40 mm

Изменения титра *Coli* в легкой почве в местности Каменец Вроцлавски после  
орошения нормой сточных вод 40 мм

Veränderungen des Coli-Titers im leichten Boden in Kamieniec Wrocławski nach  
Bewässerung mit der Abwassergabe von 40 mm

Głębokość w cm Глубина см Tiefe in cm	Przed na- wodnieniem До орошения Vor Bewäs- serung	Po nawodnieniu После орошения Nach Bewässerung				
		31. V	1. VI	3. VI	6. VI	14. VI
5	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-2}$	$10^{-5}$	$10^{-2}$	$10^{-2}$
20	$10^{-2}$	$10^{-4}$	$10^{-4}$	$10^{-2}$	$10^{-2}$	$10^{-2}$
40	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-2}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	$10^{-1}$

Tabela 6

Miano coli po nawodnieniu ściekami w glebie porośniętej roślinnością i bez roślin (wg Balickiej i Sobieszczkańskiego — doświadczenia wazonowe)

Титр *Coli* после орошения сточными водами в почве покрытой и непокрытой растительностью (согласно сосудным опытам Балицкой и Собошчаньского)

Coli-Titer nach Abwasserbewässerung im Boden mit und ohne Pflanzendecke (nach den Gefässversuchen von Balicka und Sobieszczkański)

Roślina Культура Kulturpflanzen	Przed na- wodnieniem До оро- шения Vor Bewäs- serung	Po nawodnieniu После орошения Nach Bewässerung			
	3. V	11. V	18. V	15. VI	16. VIII
Капуста Капуста Kohl	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-2</sup>
Куркówka Ежа сборная Кнаулgras	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-2</sup>
Bez roślin Без растений Ohne Pflanzendecke	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>

3. Woda ściekowa przesiąkająca w głąb profilu glebowego przy nawodnieniach grawitacyjnych wykazuje wysoki stopień oczyszczania się zarówno z punktu widzenia wymagań sanitarnych jak i pod względem właściwości chemicznych.

4. Powierzchniowe warstwy gleby po nawodnieniu ściekami miejskimi mają cechy gleby zanieczyszczonej; jednakże po 2—3 tygodniach gleba taka podlega samooczyszczeniu.

С. Марцилёнек, Г. Мекс-Бурмеха

## ОЧИСТКА КОММУНАЛЬНЫХ СТОЧНЫХ ВОД В ПОЧВЕ С САНИТАРНОЙ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ

### Резюме

В настоящем докладе рассматриваются результаты исследований по очистке сточных вод в почве и задержанию бактерий в почвенном профиле, а также по ходу процесса самоочищения почвы. Представленные материалы были получены в результате исследований произведенных Институтом мелиораций и зеленых угодий и Высшей шко-



лой сельского хозяйства во Вроцлаве на опытных полях, в лизиметрических и лабораторных условиях.

На основании результатов исследований можно сделать следующие выводы:

1. Сточные воды до их использования в сельском хозяйстве следует подвергать только предварительной механической очистке в отстойниках. Полная биологическая очистка сточных вод до их использования для орошений не является обоснованной с сельскохозяйственной точки зрения.

2. Бактерии сточных вод подвергаются в почве сорбции, в первую очередь в поверхностном слое почвы, с благоприятными аэробными условиями для самоочищения (рис. 4, 5 и 6).

3. Сточные воды просачивающиеся вглубь почвенного профиля подвергаются высокой степени очистки с санитарной точки зрения и по отношению к химическим свойствам.

4. Поверхностные слои почвы после орошения коммунальными сточными водами приобретают свойства загрязненной почвы. Однако через 2—3 недели почва подвергается самоочищению (табл. 5, рис. 7).

S. Marcilonek, H. Meks-Burmecha

## REINIGUNG DER STÄDTISCHEN ABWÄSSER IM BODEN VOM SANITÄREM GESICHTSPUNKT

### Zusammenfassung

Im vorliegenden Vortrag werden die Ergebnisse der Untersuchungen über Reinigung von städtischen Abwässern und Aufhaltung der Bakterien im Bodenprofil sowie über Verlauf des Boden-Selbstreinigungsprozesses besprochen. Diesbezügliche Materialien wurden in den auf den Versuchsfeldern, in Lysimeter- und Laborbedingungen vom Institut für Landwirtschaftsmeliorationen und Grünlandkultur und in der Landwirtschaftlichen Hochschule in Wrocław durchgeführten Untersuchungen, erhalten.

Die Analyse der Untersuchungsergebnisse erlaubt folgende Schlüsse zu ziehen:

1. Städtische Abwässer dürfen vor ihrer landwirtschaftlichen Verwertung nur in Absetzbecken mechanisch vorgereinigt werden. Volle biologische Reinigung der Abwässer vor Verwertung derselben bei landwirtschaftlichen Bewässerungen ist vom landwirtschaftlichen Gesichtspunkt nicht zweckmässig.

2. Die Abwasserbakterien unterliegen im Boden einer Sorption, in erster Linie in oberflächlicher Bodenschicht, wo sich für die Selbstreinigung günstige aërobe Bedingungen bilden (Abb. 4, 5 und 6).

3. Das in die Bodenprofiltiefe einsickernde Abwasser weist einen hohen Reinigungsgrad in sanitärer Hinsicht und in Bezug auf seine chemische Eigenschaften auf.

4. Oberflächliche Bodenschichten nehmen nach der Bewässerung mit städtischen Abwässern die Merkmale eines verunreinigten Bodens ein. In 2—3 Wochen erfolgt allerdings die Selbstreinigung des Bodens (Tab. 5, Abb. 7).