

minimalną przepływu 0,4 m/sek. Przed piaskownikiem prędkość powinna być większą conajmniej 0,6 m/sek., by nie zbierał się on na dnie. W przewodach z płynnym osadem prędkości winny wynosić 1 m/sek.

Oczyszczanie wtórne.

W ściekach oczyszczonych sposobami mechanicznymi pozostają wszystkie zanieczyszczenia rozpuszczone oraz koloidalne. Przy pomocy sposobów chemicznych można powiększyć stopień oczyszczenia, przy czym usuniętymi zostają również zanieczyszczenia nie ulegające osadzeniu i większa część koloidalnych. Ścieki stają się klarowne, zawierają jednak jeszcze dużą ilość związków organicznych, a więc podlegających gniciu, stawiając duże wymagania w stosunku do zdolności samooczyszczania się odbiornika. Gdy ten stopień oczyszczania nie wystarcza, ze względu na zbyt małe rozcieńczenie wodami odbiornika ścieków i niedostateczną ilość tlenu zawartego w wodzie oraz pochłanianego przez powierzchnię, do mineralizacji znajdujących się zanieczyszczeń organicznych, muszą być ścieki oczyszczane w sposób bardziej doskonały. Usunięcie zdolności gnilnej ścieków odbywa się przez mineralizację zawartych w ściekach ciał organicznych głównie przy pomocy mikroorganizmów. Ponieważ one nadają charakter procesom, przebiegającym w tym stopniu oczyszczania, sposoby te otrzymały nazwę biologicznych. W sposobach tych stworzone są sztucznie procesy, powstające w sposób naturalny, opisane wyżej przy mineralizacji ciał organicznych w rzekach lub gruncie. W następstwie tego we wszystkich sposobach zasadnicze znaczenie posiada jak najlepszy dostęp powietrza do wnętrza ścieków. W czasie mineralizacji ciał organicznych przy pomocy sposobów biologicznych zachodzą poza zjawiskami czysto biologicznymi również pewne procesy chemiczne i fizykalne.

Ciała organiczne adsorbowane są przy pomocy wydzielonych przez bakterie lub też zawartych w wodzie fermentów i w stanie rozpuszczonym przedostają się przez błonę komórkową wraz z zawartym w wodzie tlenem do wnętrza komórek. Tutaj podlegają rozkładowi przy pomocy tlenu i pod wpływem fermentów komórkowych, przy czym zostają utlenionymi biochemicznie względnie przeprowadzonymi w związki mineralne: węglowodany w dwutlenek węgla, związki azotowe w kwas azotowy i wodór. Produkty tych procesów utleniających, z których bakterie czerpią swoją energię życiową, pojawiają się częściowo w formie płynnej, częściowo gazowej. Podlegają one dyfuzji przez ściany komórek do otaczającej wody i wraz z nią odpływają.

W procesach biologicznych ciała organiczne są głównie mineralizowane przez bakterie. Biorąca udział w procesie oczyszczania mała liczba pierwotniaków ma za główne zadanie ograniczenie do należytego stopnia liczby bakterii. Żyjące w rzekach pierwotniaki stanowią wartościowe pożywienie dla ryb. Powstające przy rozkładzie produkty są dalej rozkładane procesami chemicznymi, względnie jeśli stają się związkami nierozpuszczalnymi usuwane są z wody procesem fizykalnym sedymentacji. Powstają błonki i kłaczkii, osiadające na ziarnach gruntu lub żłóż, lub też pływające swobodnie w wodzie. Adsorbują one z ściągów najdrobniejsze zawiesiny, jak również rozpuszczane zanieczyszczenia.

Pobierany zawarty w wodzie tlen musi być ciągle odnawiany. Nawietrzanie ściągów odbywa się albo przez wdmuchiwanie powietrza do wody lub też przez rozkroplenie ściągów, wystawienie ich w stanie rozkroplonym na dłuższą styczność z powietrzem otaczającym.

Można ścięki i bez oczyszczenia wstępnego poddać oczyszczaniu

biologicznemu, jeśli tylko zostaną przy pomocy krat i sit usunięte grube zanieczyszczenia. W przeważającej liczbie wypadków jest celowym i gospodarczo uzasadnionym oczyszczać ścieki w możliwie doskonałym stopniu od zanieczyszczeń zawieszonych. Stąd podział na oczyszczanie wstępne, mechaniczne, wtórne biologiczne.

Oczyszczanie biologiczne podzielić można na odbywające się w środowisku powietrznym oraz wodnym. W wypadku pierwszym poddawane są ścieki działaniu powietrza na jakimś podłożu w cienkiej warstwie lub w stanie rozkroplenia. Podłoża, na których rozwijają się mikroorganizmy znajdują się w powietrzu. W wypadku drugim upodobnione są warunki do naturalnego sposobu samooczyszczania się wód w naturze. Niezależnie od tego podziału rozróżniamy sposoby naturalne i sztuczne, zależnie od tego czy wykorzystuje się naturalne procesy zachodzące w gruncie lub wodzie czy też wzmaga się procesy przy pomocy sztucznych środków, specjalnego rodzaju złożeń i wtłaczane powietrze, umożliwiającich przeprowadzenie oczyszczenia w urządzeniach o wielokrotnie mniejszej powierzchni oraz pojemności. Stosowane są następujące sposoby:

I. Oczyszczanie w środowisku powietrznym.

Sposoby naturalne: Pola nawadniane,

" filtracyjno,

Filtry gruntowe.

" sztuczne: Złożeń zalewano,

" zraszano,

" zamurzone.

II. Oczyszczanie w środowisku wodnym:

Sposoby naturalne: Stawy rybne,

Osad czynny.

Sprawność oczyszczania biologicznego wykazuje różnica jakości ścieków na dopływie i odpływie. Czynnikiem kwalifikującym jest tlen biochemiczny, jak również zmniejszenie ilości zawiesin oraz bakterii.

I n h o f f podaje następujące wartości porównawcze:

Zestawienie 21.

| | Zmniejszenie w % | | |
|--|------------------|----------|----------|
| | biochem. tlen | zawiesin | bakterii |
| Gęste sita | 5 - 10 | 5 - 20 | 10 - 20 |
| Chlorowanie surowych ścieków | 15 - 30 | - | 90 - 95 |
| Osadniki | 25 - 40 | 40 - 70 | 25 - 75 |
| " i filtry piaskowe | 35 - 65 | 50 - 80 | - |
| Chemicznie oczyszczane | 50 - 85 | 70 - 90 | 40 - 80 |
| " " i filtry piaskowe | 50 - 90 | 80 - 95 | - |
| Silne obciążone złoża zraszane z osadnikami wstępnymi i wtórnymi | 65 - 95 | 65 - 92 | - |
| Słabo obciążone złoża zraszane z osadnikami wstępnymi i wtórnymi | 80 - 95 | 70 - 92 | 90 - 95 |
| Osad czynny z osadnikami wstępnymi i wtórnymi | 85 - 95 | 85 - 95 | 90 - 98 |
| Filtr gruntowy | 90 - 95 | 85 - 95 | 95 - 98 |
| Chlorowanie oczyszczonych biologicznych ścieków | - | - | 98 - 99 |

W sposobach oczyszczania w środowisku powietrznym koniecznym jest spadek odpowiadający całej wysokości złoża. W przeciwieństwie do tego w sposobach oczyszczania w środowisku wodnym wymagany jest bardzo niewielki spadek zw. wody. Naturalne sposoby stosowane są tam, gdzie istnieją dla nich korzystne warunki. Zależnie od tego czy zawarte w ściekach wartości są gospodarczo wykorzystywane czy też nie, można

sposoby oczyszczania podzielić jeszcze na sposoby produkcyjne i konsumpcyjne. Do sposobów produkcyjnych należą pola nawadniane oraz stawy rybne. Pozostałe sposoby są konsumpcyjnymi, wykorzystaną być może tylko część wartości nawozowych zawartych w ściekach przez użycie dla celów rolniczych przegnilego osadu z osadników wtórnych.

Pola nawadniane.

Najstarszym sposobem oczyszczania ścieków jest nawadnianie przy ich pomocy pól poddanych uprawie rolnej. Jednocześnie wykorzystuje się zawarte w ściekach wartości nawozowe, przy czym na powiększenie plonów wpływ dodatni ma również doprowadzanie w okresie wegetacji do gruntu wody, na której brak wiele z nich cierpi. Ścieki zostają uwolnione przy pomocy mechanicznego procesu filtracyjnego ze wszystkich nierozpuszczonych zanieczyszczeń. Żyjące w ziemi mikroorganizmy rozkładają zatrzymane mechanicznie oraz rozpuszczone zanieczyszczenia organiczne. Do gleby doprowadzone są wartościowe nawozowe związki, niezbędne dla wzrostu roślin. Odpływająca woda jest przezroczysta i prawie całkowicie wolna od rozpuszczonych zanieczyszczeń organicznych. Może być ona bez żadnych zastrzeżeń odprowadzona do odbiornika.

Przeprowadzane może być nawadnianie ściekami tylko na glebach odpowiedniej jakości - lekkich, przewiewnych i w okolicach, gdzie nie występują w okresie wegetacji nadmierne opady. Grunty muszą być do tego celu przystosowane i zabezpieczone przeciwko mogącym powstawać zabagnieniom, odwodnieniem w postaci drenażu. Obciążenie pól nawodnianych ściekami nie może przekroczyć pewnej granicy, gdyż w przeciwnym razie zanieczyszczenia zawarte w ściekach nie mogą być w gruncie przerobione. Niezbędne są więc stosunkowo duże powierzchnie. Z nim związane

są wysokie koszty urządzeń i przystosowań. Z tych to względów nawodnienie pól stosowane jest obecnie naogół rzadko, będąc zastępowane sposobami biologii sztucznej.

O b c i ą ż e n i e powierzchni wyrażane jest w ilości mieszkańców na 1 ha. Przy warunku, że obok całkowitego oczyszczania powinno nastąpić możliwie daleko idące wykorzystanie wartości nawozowych nie można obciążać pól w przecięciu rocznym wyższą warstwą nawodniającą niż 150 - 250 mm. Odpowiada to ilości 1500-2500 m³/ha/rok, zaś na dobę 4,1 - 6,8 m³/ha. Przy ilości dobowej ścieków 150 litr/m jeden ha może być obciążony ściekami od, licząc w okrągłych liczbach, 30-50 mieszkańców. W wypadku upraw łąkowych można przyjmować obciążenie dwukrotnie większe, t.j. 100 mieszk/ha.

Ścieki przed wprowadzeniem na pola muszą ulec wstępnemu oczyszczaniu w osadnikach o minimalnym czasie zatrzymania wynoszącym 30 minut. Poddane takiemu wstępnemu oczyszczeniu ścieki tracą tylko w nieznacznym stopniu swoje składniki nawozowe. Związki azotowe, potasowe i fosforowe znajdują się w ściekach po większej części w stanie rozpuszczonym. Chwytany osad najlepiej poddać procesowi gnilnemu, wykorzystując gaz do uruchomienia silników napędzających pompy. Przegnilłe osady użyć można również jako środek nawożący. Przed pompami przetwarzającymi ścieki na pola umieszcza się zbiorniki o pojemności równej około 1/3 części dobowego dopływu tak, by dochodzące w ciągu 24 godzin ścieki można było przetłoczyć na pola w ciągu 8-godzinnej doby pracy. Gdy mają być również gromadzone ścieki w niedzielę pojemność należy zwiększyć do 30-godzinnej doby.

Pola nawodnione muszą być tak założone w stosunku do dopływu ścieków, by mogły one dojść do najwyższych oraz najdalej położonych

miejsce. Ze względu na to, że pola nie mogą znajdować się w najbliższym sąsiedztwie miasta, gdyż jednak związane są z nimi pewne przykre objawy nieprzyjemnych woni oraz plagi much, najtańszą rozwiązaniem doprowadzenia przewodami otwartymi zazwyczaj nie może być zastosowane z powodu braku spadku. Odbywa się więc ono przy pomocy przewodów tłocznych. Główny przewód tłoczny na obszarze nawodnianym rozgałęzia się na sieć przewodów rozdzielczych, doprowadzających ścieki do najwyższych położonych miejsc poszczególnych działów. Z tych punktów, w których umieszczone są wyloty ścieki rozchodzą się po polach przewodami otwartymi. Układ przewodów zależy od sposobu nawodniania pól.

Przewody rozdzielcze wykonuje się z rur o minimalnej średnicy 200 mm. Przy największym przepływie prędkość w nich nie powinna przekraczać 1 m/sec. Rowom rozdzielczym nadaje się wymiary 0,50 m głębokości i 0,3 m szerokości w dnie i nachylenie skarp 1:1 lub 1:1,5. Spadek rowów przy nieumocnionym dnie i skarpach nie powinien być większy niż 5‰, prędkość wody większa niż 0,4 - 0,8 m/sec, aby nie powstawało niszczenie dna i skarp. W wypadku większego spadku terenu należy go zmniejszać przy pomocy stopni z kamieni lub betonu. Na pola wprowadza się ścieki przy pomocy koryt drewnianych smarowanych karbolineum lub koryt betonowych zaopatrzonych w zastawki drewniane. Rowy doprowadzające należy utrzymywać w czystości, aby powodowany przez ścieki silny porost grzybów nie wywoływał zbytniego zmniejszenia przekroju.

W połączeniu z polami nawodnianymi muszą być założone filtry gruntowe o powierzchni 1-2% użytecznej powierzchni pól. Zadaniem filtrów gruntowych jest przyjęcie i oczyszczanie ścieków

wtym czasie, gdy nie mogą być one użyte na polach podlegających uprawie rolnej.

Pola nawodniane muszą być odpowiednio przystosowane do przyjęcia ścieków. Zależnie głównie od miejscowego układu powierzchni stosowane są różne rodzaje nawodnień: stokowe, zalewowe, grzędowe, podziemne oraz przy pomocy rozdeszczania.

Nawodnienie stokowe /rys.383, 384/ stosuje się, gdy spadki powierzchni nie są mniejsze niż 1,5 - 2‰. Wprowadzenie ścieków na pole odbywa się w ten sposób, że ścieki spływają przez krawędź doprowadzalnika w górnym końcu powierzchni zraszanej, którą obiera się o wielkości około 0,25 ha. Ścieki spływają po powierzchni cionką warstwą na odległość 10-20 m. Szerokość powierzchni zraszanej zależy od właściwości gleby oraz spadku. W dolnym końcu pasa powierzchni chwytają się ścieki do rowu zbiorczego i z niego wprowadza w sposób podobny na powierzchnię następną. Przy dostosowywaniu powierzchni do zraszania stokowego rowy nawodniające i odwodniające należy prowadzić zgodnie z ukształtowaniem terenu. Należy w możliwym stopniu unikać plantowania terenu, choć niewielkie wyrównanie jest zwykle koniecznym, gdyż w przeciwnym wypadku powstają obok siebie suche i mokre miejsca. Dla tego rodzaju nawodnień nadają się również grunty cięższe. Drenowanie gruntów lekkich jest niepo-
trzebne.

Gdy brak naturalnych stoków można je stworzyć sztucznie. Tego jednak rodzaju przystosowanie sztuczne pociąga za sobą bardzo poważne koszty robót ziemnych. Od doprowadzalnika /rys.385/ idą rowki nawodniające z podłużnym spadkiem 3‰. Przepełniono są one na całej swej długości ściekami,

które przelewają się cienką warstwą przez krawędź i spływają po wyrównanej do spadku 3‰ powierzchni do rowka odwodniającego, umieszczonego pomiędzy sąsiednimi półkami. Przystosowana powierzchnia otrzymuje wygląd daszków. Ścieki, zebrane w rowku odwodniającym dopływają do odprowadzalnika, biegnącego równolegle do doprowadzalnika w odległości nie większej niż 50 m. Szerokość pól między rowami do i odprowadzającymi daje się 20 m. Powierzchnie pól w ten sposób nawodnianych muszą być zdrenowane, odstęp dren 15 m. Odpływ z drenażu w czasie zraszania jest zamknięty. Poziom wody gruntowej znajdować się musi poniżej zakładanego odwodniającego drenażu.

Przy braku spadku stosuje się nawodnienie zalewowe. Odpowiednimi są tylko gleby lekkie, przewiewne, suche. Dzielą się całą powierzchnię, mającą służyć dla oczyszczania ścieków, na pola o wielkości 0,25 - 1 ha przy pomocy sypanych na wysokość 0,5 m gróbli. Ścieki wprowadza się do poszczególnych kwater, zalewając je na głębokość 20-30 cm i pozostawia w lecie przez 3-6 dni, w zimie przez kilka tygodni. Ścieki przesiekają przez grunt dopływając do ułożonych w odstępie 5-10 m i minimalnej głębokości 1,25 m dren. Średnica dren nie powinna być mniejsza niż 5 cm. Prowadzone sączkami wody dochodzą do zbieraczy i odpływają do odbiornika. Traci się dużo powierzchni na drogi, groble, rowy i utrudniona jest uprawa.

W wypadku niewielkich spadków stosuje się również nawodnienia grzędowe, głównie w wypadku uprawy jarzyn. Równolegle do stoku wyrabia się pomiędzy 1 m szerokości grzędami rowki o szerokości i głębokości 0,20 - 0,25 m i doprowadza do nich ścieki rowami, idącymi wzdłuż stoku. Spiętrzona między grzędami woda wsiąka w grunt i odpływa drenażem podziernym.

Z r a s z a n i e p o d z i e m n e przy pomocy układu dren, stosuje się prawie wyłącznie w małych oczyszczalniach kanalizacji domowych.

Nie wymagają przystosowania powierzchnie, na które wprowadza się ścieki przy pomocy r o z d e s z c z a n i a. Doprowadzenie ścieków odbywa się albo przy pomocy rowów otwartych, z których czerpie się ścieki pompą i tłoczy, ułożonymi swobodnie na powierzchni przewodami, do urządzeń rozdzielających /rys.386/. Lub też zakłada się pompownię centralną, z której ścieki wchodzi w sieć rur założonych w gruncie na głębokości zabezpieczającej od zamarzania. Z p r z e w o d ó w r o z d z i e l c z y c h ścieki pobierane są przewodami gumowymi.

Na przewody układane na powierzchni ruchome stosuje się obecnie glin z uwagi na lekkość. Do połączeń poszczególnych odcinków rur używa się połączenia przegubowe zaciskowe /rys.387/, łączone i rozłączane jednym ruchem ręki. Rozdzielanie może być przeprowadzane tylko w okresie letnim. W czasie miesięcy zimowych stosować należy inny sposób nawodnienia. Powinno być stosowane do ścieków podczyszczonych biologicznie ze względu na trudne do zwalczania rozsielanie przykrych woni oraz kłwiojszą możliwość przenoszenia chorobotwórczych bakterii i zarodników pasczytów, gdyż ścieki dochodzą do roślin z góry. Z tych ostatnich względów nawodnienia prowadzone być powinny w ten sposób, by ścieki dochodziły tylko do korzeni roślin, by pomiędzy ostatnim nawodnieniem i zbiorem był okres 4-tygodniowej przerwy, oraz by na świeżo nawodnione pastwiska nie były wypędzane krowy.

D a w k i ś c i e k ó w na poszczególne powierzchnie dostosowuje się do właściwości gruntu oraz rodzaju uprawy. Wynoszą one

według Z u n k e r a:

| | |
|------------------------|--------|
| dla łąk | 800 mm |
| pastwisk | 450 " |
| buraków | " |
| pastewnych | 500 " |
| buraków cu- krowych | 300 " |
| zboż | 100 " |

Nie można stosować stałego obciążenia terenów uprawnych ściekami, gdyż prowadzi to do przeciążenia gleby. Co pewien okres stosowane być powinny dłużej trwające przerwy. Rolę zrasza się co drugi rok, przerwy zaś zależnie od rodzaju gleby dochodzić powinny nawet do 8 lat. W przeciwnym wypadku odpływy zawierają zbyt dużą ilość niezmineralizowanych zanieczyszczeń; nie następuje w dostatecznym stopniu wykorzystanie wartości nawozowych ścieków; powstaje za-
chwaszczanie rowów odpływowych i ujemny wpływ na odbiornik. Nie zostają więc spełnione zadania postawione polom. Można sytuację poprawić przez powtórne użycie takich odpływów do zraszania pól lub też przez dalsze ich oczyszczanie w stawach rybnych.

Pola filtracyjne.

Gdy głównym zadaniem nawodnianych gruntów jest oczyszczenie ścieków, z odpowiednio przystosowaną możliwą uprawą, wówczas powierzchnie przeznaczone do tego celu noszą nazwę pól filtracyjnych. Nadającym się do tego celu są tylko lekkie, przewiewne, silnie przepuszczające gleby. Grunty takie muszą być drenowane sączkami założonymi na głębokości co najmniej 1 m i w odstępach około 10 m. Drenaż ma na celu odprowadzenie oczyszczonych ścieków i utrzymanie odpowied-

nie głębokiego stanu wody gruntowej. Obciążenie powierzchni tych pól wynosić może w wypadku upraw rolnych 200 m/ha, w wypadku upraw łąkowych 500-1000 m/ha, z warunkiem jednak, że ścieki są oczyszczane wstępnie w osadnikach. Przy zbyt jednak silnym obciążeniu ścieki nie podlegają w dostatecznym stopniu oczyszczeniu. Silnie obciążone pola stosowanymi być mogą dla oczyszczania odpływów ze zleń zraszanych.

Filtry gruntowe.

W wypadku całkowitego zaniechania upraw na gruntach zalowanych ściekami powstaje jedynie filtracja gruntowa. Urządzenia do takiego oczyszczania ścieków noszą nazwę filtrów gruntowych. Wobec bardzo silnego obciążania filtrów ograniczone zostają w stopniu znacznym niezbędne rozmiary powierzchni. Przy zastosowaniu tego sposobu zalowa się powierzchnie filtrów dużymi ilościami podoczyszczonych wstępnie ścieków, następnie pozostawia przez pewien czas wolno od zalowu w celu przewietrzenia oraz dla umożliwienia w tym czasie zmineralizowania zatrzymanych przez grunt zanieczyszczeń.

Powierzchnie odpowiednio się przygotowuje, dzieląc ją g r o b l a m i na poszczególne płaskie kwatery zalowowe o wielkości nie większej niż 0,4 ha /rys. 308/. W razie braku naturalnych odpowiednich gruntów można sztucznie stworzyć powierzchnie filtracyjne z warstw piasku, żużla, żwiru, koksu lub podobnego materiału. Grubszy materiał filtracyjny idzie na spód, drobniejszy na górę. Wydobytą ziemię używaną jest na budowę grobli. D o p r o w a d z e n i e ś c i e k ó w odbywa się przy pomocy rowów zaopatrzonych w zastawki. Przewody wprowadzające umieszczają się w groblach. Dla

rozprowadzenia ścieków po filtrze służą drewniane koryta. Wprowadzenie powinno być tak wykonane, by nie powstawało wymywanie dna. W spodzie na głębokości od 1,0 - 1,5 m i w odstępach 10 m daje się drenaż z sączków o średnicy co najmniej 10 cm /rys.389/. Głębokość piasku nie powinna być mniejsza niż 0,90 m. Lepsze wyniki osiąga się przy większych głębokościach, przy czym 1,20 m uważa się za górną granicę. Wyjątkowo tylko, gdy piasek jest gruby obierana jest głębokość 1,80 m.

Ścieki przed wprowadzeniem na filtr muszą być oczyszczone wstępnie w osadnikach i dochodzą do zbiornika /rys.390/, którego pojemność odpowiada pojemności złoża, tak by można je było szybko zalać, w ciągu 5-15 minut warstwą 5-10 cm. Z a l e w a n i e przeprowadza się z przerwami zależącymi od właściwości gruntu, warunków klimatycznych oraz ścieków. P r z e r w y trwają od 1-4 dni. W wypadku ścieków mało stężonych zalewanie może być przeprowadzane nawet kilka razy w ciągu doby. Korzystniejszym jest zalewanie częstsze cienkimi warstwami ścieków. Dawkowanie regulowane wykonywane jest przy pomocy zasuw umieszczonych na wylocie ze zbiornika. Częściej obecnie stosuje się samoczynne syfonowe urządzenia dawkujące.

Filtr gruntowy, jak każde złoże biologiczne, wymaga pewnego czasu na d o j r z e w a n i e. W tym czasie ziarna filtra obrastają flogmistą błoną. Dzięki swym wysokim zdolnościom adsorbacyjnym działają ona oczyszczająco na przeciekające ścieki. Dojrzenie filtra następuje wówczas, gdy odpływ wody z niego nie posiada właściwości gnilnych. Gdy wsiąkanie ścieków trwa zbyt długo, ponad 4 godziny, jest to oznaka, że została zbyt silnie zanieczyszczona powierzchnia. Wówczas wyłącza się kwaterę z pracy aż do zupełnego wyschnięcia zmulonej powierzchni i zdejmuje górną warstwę 5-7 cm oraz lekkimi żelaznymi grabiami

wzrusza piasek. Nie opłaca się płukanie zabrudzonego piasku.

W wypadku samoczynnych urządzeń dawkujących należy stale obserwować stan filtru i wyłączać go gdy wymaga odpoczynku i oczyszczenia. W wypadku zbytniego zanieczyszczenia całego korpusu filtru koniecznym jest pozostawienie go w spoczynku na czas tygodnia, a nawet niekiedy dłużej 2-4 tygodni.

Obciążenie zależy od właściwości gruntu. Przy czym odgrywa tu rolę zawartość 10% najdrobniejszych ziarn. Średnicę miarodajną nazwano górną granicą grubości ziarn, które wraz z najdrobniejszymi stanowią 10% wagi. Określa się ją na podstawie krzywej przesiewu. Waha się ona w granicach 0,2 - 0,5 mm. Najbardziej skuteczna średnica ziarn posiada grubość 0,20 - 0,35 mm. Podobnie, jak przy filtrach wodociagowych pożądaną jest również określona równomierność ziarn. Określa się ją ze stosunku średnicy ziarn stanowiących wraz z mniejszymi 50% wagi do średnicy miarodajnej. Współczynnik równomierności może się wahać w granicach 5-10. Najbardziej pożądanym jest, jeśli koszty nie odgrywają roli, współczynnik 1, a jego granicą górną 3. Według J. m. h. o f f a obciążenie powierzchni filtru w $m^3/m^2/godz.$ może wynosić:

| miarodajna średnica mm | obciążenie powierzchni $m^3/m^2/godz.$ |
|---------------------------|---|
| 0,2 | 0,8 - 2,1 |
| 0,3 | 2,1 - 4,2 |
| 0,4 | 4,2 - 8,4 |
| 0,5 | 8,4 - 12,5 |

W praktyce przyjęto określać obciążenie, jak i poprzednio ilością mieszkańców na ha. Stosowane obciążenia wahają się od 2000-5000 m^3/ha .

Jeżeli ścieki nie podlegają wstępnemu oczyszczeniu, obciążenie musi być zmniejszone o połowę do 1000-2500 m/ha. Natomiast jeśli filtry gruntowe stosowane są do oczyszczania biologicznie oczyszczonych ścieków, wówczas mogą być obciążone do 5-krotnie silniej, t.j. 10000 - 25000 m/ha.

Skutek oczyszczania na filtrach piaskowych jest duży, odpływ jest klarowny, zmineralizowany i wolny od zapachu. Pracy filtrów rzadko towarzyszą silne wolno, choć mogą być one obserwowane jeśli zagnięte ścieki stoją przez dłuższy okres czasu na filtrach.

Dla przejrzystości podaję zestawienie stosowanych obciążeń powierzchni przy różnych sposobach biologii gruntowej.

Zestawienie 22.

| | Dopuszczalne obciążenie powierzchni m/ha przy przyjęciu rozbioru wody 150 l/m/dobę |
|--|--|
| pola nawodniane: | |
| uprawy rolne | 30 |
| " łąkowe | 100 |
| pola filtracyjne: | |
| uprawy rolne | 200 |
| " łąkowe | 500 - 1500 |
| Filtry gruntowe: | |
| bez stosowania wstępnego oczyszczania | 1000 - 2500 |
| z wstępnym oczyszczaniem ścieków w osadnikach | 2000 - 5000 |
| ścieki oczyszczane biologicznie | 10000 - 25000 |

Stawy rybne.

Stawy rybne zastosowane były dla celów oczyszczania ścieków miejskich w Niemczech przez H o f e r a, stąd stawy takie noszą również nazwę stawów Hofera. Procesy, zachodzące przy samoczyszczeniu

się wód zanieczyszczonych ściekami, wykorzystywane są dla produkcji mięsa rybiego. Zanieczyszczenia organiczne dochodzące ze ściekami są mineralizowane przez bakterie i rośliny. Bakterie służą za pożywie- nie pierwotnikom i innym mikroorganizmom tworzącym t.zw. plankton. Ten ostatni, jak również i rośliny zjadane są przez ryby i ptactwo wodne. Człowiek zakończy ten kołowy obieg spożywaniem ryb i ptactwa wodnego.

Warunkiem nieodzownym jest tu niedopuszczenie w żadnym okro- sie do zagniwania wód stawowych. Ścieki doprowadzane muszą podlegać starannemu mechanicznemu oczyszczeniu w czasie którego powinno być usunięte co najmniej 70%, lepiej jednak 96%, wszystkich zawiesin ulega- jących osadzeniu. Stawy mogą być stosowane dla oczyszczania wtórnego odpływów z silnie obciążonych pól filtracyjnych. Doprowadzane ścieki muszą znajdować się w stanie świeżym. Zgniłe ścieki zawierają w so- bie siarkowodor, który działa trująco na ryby.

Z dobrym skutkiem sposób powyższy może być zastosowany tylko tam, gdzie wody rozcieńczające ścieki obfitują w tlen. W odpowied- niejzym do tego celu są wody czystych rzek, potoków lub jezior. Do- brze jest wzbogacić w tlen dopływające ścieki oraz wody rozcieńczają- ce przez wprowadzenie ich do stawów przy pomocy stopni lub różnych urządzeń rozpryskujących lub rozpylających. Stawom nadaje się głębo- kości niewielkie dla wykorzystania sprzyjającej rozwojowi mikroorga- nizmów i roślin działalność słońca oraz w celu zahamowania rozwoju bakterii beztlenowych.

Pł o ś c w o d y r o z c i e Ń c z a j ą c e j zależy od składu i stężenia doprowadzanych ścieków. Miarodajnym zawazo jest tlen biochemiczny. Przyjmuje się 3-5 krotnie rozcieńczenie. Stawom na-

daje się średnią głębokość 0,5 - 0,8 m. Wody muszą być tak przez staw przeprowadzane, aby następowało równomierne obciążenie całej jego pojemności. W celu uzyskania równomiernego przepływu doprowadza się wodę w wielu punktach. Ilość tlenu zawartego w wodzie nie może spaść niżej 3 mg/l w wypadku obsady stawów karpiami i linami, zaś niżej 6-7 mg/l przy obsadzie pstragami. Najkorzystniejsza wartość pH dla hodowli ryb znajduje się w granicach 7,2 - 8,0. W wypadku powstającego zakwaszenia zdychają najprzód karpie, potem liny, począwszy od pH = 4,9, szczupaki, zaś od 4,8 pstragi. Dawkami wapna można zakalizować odpowiednio wodę, jednak nie należy przesadzić, gdyż i po stronie zasadowej znajdują się określone granice możliwości życiowych, dla karp i linów przy pH = 10,8, szczupaków 10,2, okoni i pstrągów 9,2.

Obciążenie powierzchni stawów wynosi 2000 m³/ha. Na obsadę nadają się najlepiej karpie i liny. Tam gdzie istnieje do rozporządzenia dla rozcieńczenia woda górskich potoków można obsadzać stawy pstragami tęczowymi. W wypadku prawidłowego założenia i umiejętnej gospodarki rybnej można liczyć na przyrost przeciętny 550 kg/h/rok.

Wielkość stawów może się wahać zależnie od miejscowych warunków od 1/3 - 10 ha. W większych stawach powstaje silniejsze falowanie umożliwiające lepsze dojście powietrza, natomiast wymagające silniejszych dobrze utrzymanych skarp przybrzeżnych.

Dla zwalczania tworzącej się na powierzchni rzęsy wodnej, odcinającej dostęp powietrza, a stanowiącej dobry pokarm dla kaczek, obsadzano dawniej stawy dodatkowo kaczkami. Ponieważ jednak kaczki przenoszą niektóre zarazki chorób rybich, obecnie usuwa się te rośliny wodne

sposobem mechanicznym.

Przy prawidłowej gospodarce rybnej stawy powinny być na zimę osuszane aby następowało dobre wydrożenie leżącego na dnie osadu. Najpóźniej co trzeci rok stawy muszą być wyszlamowywane. Na odpływie dno stawów powinno być obniżone dla wytworzenia przy spuszczeniu stawów dogodnego łowiska. Ryby wybiera się ze stawów na jesieni. Stawy pozostawia się na zimę opróżnionymi. Stawy rybne można więc tam tylko zastosować, gdzie w okresie zimy rzeki prowadzą dostateczne ilości wody dla rozcieńczenia mechanicznie oczyszczonych ścieków. Przy pomocy stawów rybnych oczyszcza się ścieki w tym samym stopniu, jak przy pomocy najdoskonalszych sposobów biologicznych. Następuje zmniejszenie ilości domieszek organicznych o 90% i jednocześnie usunięcie zawieszin. Oczyszczanie przebiega bez plagi przykrych zapachów oraz much.

Powierzchnie stawowe uzyskuje się przez o g r o b l o w a n i e t o r e n u. Kształty powierzchni stawowych daje się zwykle prostokątne. Gospodarka rybna osiąga najlepsze wyniki na gruntach żyznych. Dla budowy grobli stosuje się grunt wydobywany z rowów. Należy unikać wykonywania dna stawów. Dla umożliwienia dostatecznego stopnia osuszenia dno stawów musi być zapatrzone w siłę rowów odwodniających, doprowadzonych do rowu głównego, dochodzącego do łowiska. Przez groble przeprowadza się wodę przy pomocy mniczów. Najlepszymi okazały się m n i c h y z drzewa lub betonu.

Największe urządzenia stawów ściekowych posiada miasto M o n a c h i u m. Ścieki od 50000 mieszkańców po oczyszczeniu ich mechanicznie z 80% ulegających osadzeniu zawieszin tłoczy się przewodem 9 km długości na urządzenie stawowe o powierzchni 233 ha. Ścieki rozcieńczane są przy pomocy wód rzeki I z a r y.

W Moskwie grupy sześciu stawów rybnych o średniej głębokości 0,60 → 70 m przerabiają dziennie 120 m³/ha ścieków. Odpływ z ostatniego stawu może być bezpiecznie odprowadzony do odbiornika. W ostatnich trzech stawach prowadzi się gospodarkę rybną. Produkcja ryb wynosi ponad 330 kg/ha rocznie.

Złóża zalewane.

Złóża zalewane stanowią w pewnym stopniu odmianę filtrów gruntowych. Przebieg oczyszczania jest całkowicie podobny. Ścieki do-
brzo mechanicznie oczyszczone z osadzających się zanieczyszczeń wprowadzane są do zbiorników, wypełnionych w swej dolnej części złożem filtracyjnym. Pozostają one w zbiorniku przez pewien czas, uzależniony od stopnia dojrzałości złoża i stopnia zanieczyszczenia ścieków, a następnie są wypuszczane, odpływając przewodami umieszczonymi na dnie pod złożem. Po dostatecznie długim czasie napowietrzenia zapoźnia się złożo znowu ściekami. Bakterie rozwijające się na złożu mineralizują doprowadzane przez ścieki zanieczyszczenia organiczne. Podobnie, jak każdy filtr złożo musi przejść przez p r o c e s d o j r z e w a -
n i a. Na powierzchni ziarn złoża, budowanego najlepiej z materiału o bardzo porowatej powierzchni, jak np. koks, pumeks, klinkier, tłu-
czeń klinkierowy, tworzy się stopniowo b ł o n a b i o l o g i c z -
na, zawierająca w swym wnętrzu mikroorganizmy, które mineralizują adsorbowane zanieczyszczenia. Gdy błona osiągnie dostateczną grubość złożo staje się dojrzałym dla oczyszczania ścieków.

Następujący po okresie spoczynku i pełnym utlenieniu adsorbo-
wanych zanieczyszczeń organicznych o k r e s z a l a n i a nie
może trwać zbyt długo, gdyż nie można odcinać bakterii tlenowych na

długi przeciąg czasu od dostępu tlenu z powietrza. Powstaje wówczas niebezpieczeństwo rozwoju stanu beztlenowego. Związki utlenione w okresie napowietrzenia są wymieniane w okresie zalania na związki zanieczyszczające, wpływające ze ściekami. Przy ściekach o stężeniu średnim okres zalania trwa 2 godziny, okres przewietrzania 4-6 godzin. Złoże w ciągu 24 godzin może być zalane 3-4 razy. Obciążenie złoża 1,2 m grubości przyjmuje się $0,4 - 0,6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dobę}$.

Porowatość masy filtrującej zależy od zastosowanego materiału. Używa się głównie materiały twarde o możliwie szorstkiej i porowatej powierzchni oraz bardzo wytrzymałe na wpływy atmosferyczne. Kawałki materiału w złożach jednostopniowych mają grubość 5-30 mm; w dwustopniowych w pierwszym złożu 10-30 mm, w następnym poniżej 10 mm aż do 1 mm. Grubość złoża stosuje się od 0,75 - 1,8 m, średnio 1,2 m.

Po pewnym czasie złoże się zanieczyszcza produktami mineralizacji oraz obumarłymi resztkami bakterii i innych mikroorganizmów, gdyż tylko część z nich jest wypłukiwana. Z powodu silnego przylogania osadów do ziarn złoża przepłukiwanie nie osiąga skutku. Oczyszczanie złożeń przeprowadzane być musi przez wydobycie ziarn i przemyślenie ich w dostosowanych do tego celu płuczkach.

Odpływ ze złoża zawiera znaczną ilość zawieszin, które muszą być wytrącone w osadnikach wtórnych. Ten w znacznej mierze organiczny osad najlepiej przegniwać łącznie z osadem oddzielanym w osadnikach wstępnych.

Ponieważ złoża zatapiane mogą pracować z przerwami i muszą być często oczyszczone gospodarka z nimi jest trudna. Obecnie wychodzą pra-

wie całkowicie z użycia.

W wyniku o c z y s z c z e n i a na jednostopniowym złożu osiąga się zmniejszanie biochemicznego tlenu o 60-75%. Spad wymagany przy jednostopniowym złożu wynosi około 2 m. Zaletą złoża jest to, że nie wywołują one powstawania przykrych woni.

Złóża zraszane.

Złóża zraszane rozwinęły się ze złoża zalewanych i stosowane są obecnie bardzo powszechnie. Składa się ono z sztucznie ułożonego warstwowo kruszywa w postaci tłucznia, koksu, żużla, klinkieru i urządzenia rozpryskującego cienkimi strugami ścieki, oczyszczone wstępnie na oczyszczalni mechanicznej. Dopływ ścieków do złoża słabo obciąża - nych odbywa się z równomiernymi przerwami. Ostatnie udoskonalenia złoża zraszanych polegają na zraszaniu nieprzerwanym, co jak dowiodły badania wpływa dodatnio na rozwój bakterii, biorących udział w procesie oczyszczania. Obciążenie złoża zależy od dawkowania ściekami oraz sposobów przewietrzania. Rozróżnia się obecnie złoża słabo o b i ą ż a n e i złoża silnie obciążane.

Ścieki r o z d z i e l a n e są równomiernie po całej powierzchni złoża cienkimi strumieniami lub przez rozpryskiwanie. W ten sposób następuje dobre napowietrzenie ścieków, które spadają dalej kroplami od jednego ziarna złoża do drugiego przez całą jego wysokość i zbierają się na dnie, skąd odpływają przewodem odwodniającym. Na powierzchni ziarna tworzy się b i o l o g i c z n a b ł o n a. Przez błonę zatrzymywane są drobne zawiesiny, zaś zanieczyszczenia koloidalne adsorbowane. Działa ona jak gąbka chłonec zanieczyszczenia. Ponieważ przez złożo przepływa również powietrze w błonie rozwijają się bakte-

rie tlenowe i bardzo bogaty świat drobnoustrojów. Dzięki jego działano-
ści ulegają mineralizacji zanieczyszczenia organiczne. Im jest
złoże do pewnych granic wyższe, tym odpływ objawia mniejsze zapotrze-
bowanie tlenu biologicznego. Złoże przejść musi okres dojrzewania zanim rozwinie się błona o grubości 1-3 mm. Według ostat-
nio przeprowadzonych badań wynika, że około 50 dni potrzeba na rozwi-
nięcie się fauny i flory charakterystycznej dla filtrów zraszanych;
60 dni dla maksymalnej redukcji węglowodanów, 40 dni dla całkowitego
utlenienia związków azotowych /rys. 391/.

W błonie biologicznej znajdują się grzyby, pierwotniaki, in-
sekty, algi i bakterie. Pierwotniaki działają hamująco na zbyt silny
rozwój bakterii. Z nieznanych dotychczas powodów, które związane są
zapewne ze zmianami wegetacyjnymi, błona biologiczna jest zawsze dwu-
krotnie w ciągu roku odnawiana. W jesieni i na wiosnę oddziela się
flagmista powłoka w swojej większej części od kruszywa i pojawia się w
odpływie w stanie zawieszonym. Z okresami tymi związane jest krótko-
trwałe pogorszenie się sprawności złożeń. W złożeń zraszanych w spo-
sób ciągły zjawisko to objawia się znacznie łagodniej i sprawność utrzy-
mywaną jest stale jednakowa.

W czasie spływania rozkroplonych ścieków jest zmywana część
rozłożonych związków oraz obumarłych organizmów. Pojawiają się one
w odpływie w postaci kłaczkowatych zawiesin. Odpowiednio wykonane i
obciążane złoże utrzymują się stale czystymi i nie zamulają się. Pro-
cesy oczyszczania przebiegają nieco odmiennie w złożeń słabo i sil-
nie obciążanych.

W złożeń słabo obciążanych działanie
apłukujące jest bardzo słabe. Obumarłe organizmy pozostają w większej

części przywarte do ziarn, które obrastają coraz to grubiej błoną. Błona ta obrywa się w pewnych okresach, zatrzymując się w spodzie złoża. W ten sposób zbiera się organiczny osad rozkładanym będąc w złożu i powodując zużycie tlenu. Splukiwane są w sposób ciągły tylko drobne kawałki błony. Jak wspomniano wyżej, dwukrotnie w ciągu roku uwalnia się złożo od przez długi okres nagromadzonego osadu. Osad ten jest w wysokim stopniu rozłożony, co powoduje zmniejszenie jego ilości. Zawiera on niewielką ilość wody i łatwo nie zagniwa. Zwany jest osadem humusowym.

W złożach silnie obciążonych wytwarza się tylko cienka błona. Wszystkie zużyte i obumarłe ciała są w sposób ciągły wypłukiwane w postaci skłaczkowanej wprost do odpływu. Wypłukany osad ma dużą zawartość wody i jest silnie zagniwającym. Ilość jego jest znacznie większa niż ze złoża słabo obciążonego. Złożo uwe琳nione jest od niepotrzebnego zadania rozkładu utworzonych i rozpuszczonych ciał stałych, które splukane muszą podłoc po wytrąceniu z odpływu przeróbce w komorach gnilnych. Zdolność natomiast oczyszczająca złoża może być z powyższych względów wzmożona.

Złoża są wykonywane najczęściej o kształcie kołowym /rys.

392-394/, rzadziej obecnie prostokątnym. Kształt kołowy ma tę zaletę, że złożo daje się łatwo równomiernie zraszać, łatwiej zapewnić dobre przewietrzanie oraz na obudowę takiego złoża zużywa się najmniejszą ilość materiału. Obudowę złoża wykonuje się z betonu. Dno z betonu otrzymuje nachylenie 1:30 - 1:50 do środkowego kanału odwadniającego. W dnie wykonane są przewody doprowadzające do głównego kanału zbiorczego, przykryte z wierzchu rusztem z cegły, beleczek betonowych,

plyt dziurkowanych, półrur dziurkowanych i t.p. Pojemność przewodów odwodniających, zbierających wodę spływającą ze złoża, powinna być na tyle duża, by ścieki odpływały swobodnie bez spiętrzania się i zapewniony był swobodny dopływ w dużej ilości powietrza. Nie zawsze złoża obudowuje się ściankami. Wówczas wykonuje się obudowę z grubszych kawałków kruszywa. W ściankach obudowujących złoża muszą być umieszczone w dużej ilości otwory, umożliwiające dostęp powietrza do złoża.

Do obudowy złoża stosuje się tłuczeń, koks, tłuczeń klinkierowy, gruby żwir. Najodpowiedniejszym jest materiał, który jest zarówno wytrzymały na wpływy atmosferyczne, jak i na wpływ procesów biologicznych. Najczęściej obecnie stosowany jest tłuczeń z trwałych kamieni naturalnych.

Większą powierzchnię czynną osiąga się przy ziarnie drobniejszym. Na podstawie dotychczasowych doświadczeń ziarno zbyt drobne okazało się nieodpowiednim ze względu na niebezpieczeństwo zamulenia i gorsze przewietrzanie. Stosuje się w Ameryce ziarno o grubości 4-8 cm, w Anglii - 2-5 cm. W spodzie złoża daje się warstwę wysokości 0,3 - 0,5 o ziarnie grubszym 10-15 cm. Pozostałą grubość złoża wypełnia się ziarnem o grubości 4-8 cm. Dawanie u samego wierzchu warstwy o ziarnie grubszym jest zbyteczne.

Wysokość złoża, ze względu na dostateczne przewietrzanie, musi znajdować się w związku z grubością ziarna. Stosowane są wysokości od 1,5 - 3,0 m. W Anglii przy średniej wielkości ziarna 4 cm wysokość złoża wynosi 1,8 m, w Ameryce przy ziarnie 6 cm są stosowane najczęściej wysokości 1,8 - 2,7 m. Im bardziej są ścieki stężone, tym powinny być złoża wyższe by dłużej

trwało działanie oczyszczające oraz działanie powietrza. W wypadku sztucznego przewietrzania, złożo można wykonywać wyższe.

Wskazana jest o b u d o w a złoża ściankami, gdyż daje ona ochronę od zimna i wywołuje ciąg powietrza przez złożo. Zabez-
ono/ piecza przeciwko wydostawaniu się ze złoża muchy /Psychoda/, która rozwija się na nim w wielkich ilościach. Larwy tej muchy odgrywają dużą rolę w procesie oczyszczania.

W i e l k o ś ć o t w o r ó w u spodu obudowy dla dopływu powietrza powinna być tak obliczona, by mógł odbywać się swobodnie ciąg powietrza od dołu złoża ku jego powierzchni. Oblicza się je w stosunku do powierzchni złoża. Wynosić one powinny od 0,5 - 1% powierzchni złoża.

Bardzo ważnym czynnikiem dla osiągnięcia dobrego skutku oczyszczania jest r ó w n o m i e r n y r o z d z i a ł ś c i e-
k ó w na złożo. W wypadku nierównomiernego rozdziału łatwo mogą powstawać wewnątrz złoża gniazda bez przepływu ścieków podczas gdy inne części złoża są przeciążone. Stosuje się u r z ą d z e n i a r o z d z i e l c z o nieruchome oraz ruchome, pracujące w sposób ciągły lub z przerwami. Miarodajnym dla wyboru urządzenia jest ist-
niejący do rozporządzenia spad. Ruchome urządzenia rozdzielają ścieki bardziej równomiernie niż stałe. Te ostatnie mają natomiast zaletę, że są tańszymi, łatwiej dostosować je można do kształtu złoża i są czę-
sto pewniejszymi w działaniu od ruchomych.

Bardzo prostym urządzeniem stosowanym głównie w małych oczyszczalniach przy kształcie prostokątnym złoża są d z i u r k o w a n e r y n n y lub r u r y /rys.395/ złożone nad całą powierzchnią złoża. Nad środkiem złoża przechodzi przewód doprowadzający ścieki.

Od niego prostopadle odchodzą korytka rozlewające. Ułożone są one w odstępie 50-60 cm. Ścieki doprowadzane są do przewodu głównego w sposób przerywany przy pomocy urządzenia dawkującego.

Również w małych oczyszczalniach stosuje się z dobrym skutkiem w y w r o t n o k o r y t k a. Urządzenie polega na umieszczeniu w osi złoża koryta z drzewa lub blachy, podzielonego w kierunku podłużnym na dwie połowy. Koryto umieszczone jest na przegubie pozwalającym na obrót koryta. Rozlewanie ścieków odbywa się w ten sposób. Nad korytem umieszczony jest przewód doprowadzający wodę. Gdy jedna ze stron koryta wypełni się ściekami, następuje przechylenie się jego, powodujące wypływ /rys.396/. Jednocześnie druga stron podchodzi pod przewód i zapełnia się ściekami. Koryto znajduje się w ciągłym ruchu wahadłowym, wylowając ścieki na jedną lub drugą połowę złoża. Dla lepszego rozdzielenia ścieków wprowadza się je nie bezpośrednio na złoże, a na ruszt z trójkątnego przekroju łat.

W St. Z j e d n o c z o n y c h najbardziej są rozpowszechnionymi s t a ł e d y s z c e rozpryskujące ścieki po całej powierzchni złoża. Stosowane są do złoż o przekroju prostokątnym. Ścieki dopływają głównym przewodem, który umieszczony jest na powierzchni złoża. Od niego odchodzą p r z e w o d y r o z d z i e l e z o z umieszczonymi na nich dyszami w odstępie odpowiednim do ich zasięgu. Ścieki wypływają pod ciśnieniem i rozpylone lepiej zostają rozdzielone po powierzchni. Następuje przy tym dodatkowo silne ich nawietrzenie. W zależności od ciśnienia przy jakim mają pracować, 1,2 - 2 m, rozstaw dysz wynosi 3-5 m. Dawniejsze konstrukcje, rozpryskujące ścieki na powierzchnie kołową, zamienione są obecnie dyszami, zraszającymi dowolny kształt powierzchni. Aby uniknąć nierównomiernego zraszania

powierzchni pod dyszą stosuje się w St. Zjedn. Ameryki Płn. zmienne wahające się ciśnienie, wywołujące rozprysk dłuższy i krótszy. Ze względu na to, że dysze łatwo ulegają zatkaniu, muszą być tak budowane, by bez trudności można je było zdjąć z przewodu i oczyścić /rys. 397, 398/.

Wadą tych urządzeń zraszających jest to, że zużywają stosunkowo duży spadek. Jeżeli doliczy się wysokość złoza 2-3 m, łączna strata spadku wynosi 3,2 - 5,0 m.

Do zraszania złożeń o przekroju kołowym stosuje się r o z - p r y s k i w a c z o b r o t o w y /rys. 399/, zużywający tylko około 0,5 m spadku. W punkcie środkowym złoza, nad rurą doprowadzającą ścięki na łożysku, są umocowane połączone promieniście, zależnie od wielkości złoza, 2, 3 lub 4 rury z otworami w płaszczyźnie poziomej, po jednej stronie rur. Działanie reakcyjne wypływających pod ciśnieniem ścięków nadaje ramionom ruch obrotowy. Odstępy otworów maleją w kierunku na zewnątrz. Wyloty otworów zaopatruje się często w dysze rozlewające promienisto ścięki /rys. 400/, przez co osiąga się bardziej równomierny ich rozdział na całą powierzchnię. Ramiona przyrządu są nieco krótsze niż wymiar złoza w celu uniknięcia rozprysków na zewnątrz. Umieszczone są na wysokości 0,25 - 0,30 m ponad powierzchnię złoza. Ł o ż y s k o k u l k o w e uszczelnione jest przy pomocy rtęci. Wykonane są aż do średnicy 45 m.

Na złościach o przekroju prostokątnym stosowane są j e ż d z a - c e p r z y r z ą d y r o z l e w a j ą c e. Jeżdżą one na kółkach po szynach umieszczonych na zewnętrznych ścianach. Uruchomiane są albo przy pomocy energii elektrycznej /rys. 401/ lub w wielu wypadkach siłą wody na podobieństwo koła nadsiębiernego /rys. 402/. Woda

pobierana jest z umieszczonego wyżej koryta otwartego, biegnącego wzdłuż całej długości złoza, przy pomocy lewaru. Ścieki doprowadzane są do rozciągającego się na całej szerokości złoza, koła wodnego z odpowiednio nastawionymi łopatkami. Obracające się koło posuwa cały przyrząd rozlewający. Na końcach złoza znajduje się urządzenie, zmieniające kierunek ruchu. Zwykle przyrządy jeżdżące zraszają przy jeździe w jednym kierunku pasami połowę złoza, przy jeździe w kierunku odwrotnym pasy pozostało. W czasie pogody deszczowej zrasza się odrazu całą powierzchnię. W okolicach o zimnym klimacie urządzenia działają mniej pewnie z powodu obmarzania. Spad konieczny dla uruchomienia wózka wynosi 0,5 - 0,7 m. Sprawność złożeń w ten sposób zraszanych jest znacznie mniejsza, gdyż zbyt długimi są okresy przewietrzania.

W wypadku złożeń słabo obciążonych do urządzeń rozlewających doprowadza się ścieki z przerwami. Wózki jeżdżące i wywrotne rynny powodują przerwę w zraszaniu określonych powierzchni przy przejeździe w jedną lub odwrotną stronę względnie przy wychyleniu się koryta rozlewającego. Dla uzyskania przerw w zraszaniu przy zastosowaniu dysz i koła rozlewającego, ścieki są doprowadzane z niewielkich zbiorników, gromadzących dopływ z osadników wstępnych do określonego poziomu, po osiągnięciu którego urządzenie oparte na zasadzie lewarowej /rys. 403/, pływakowej /rys. 392/ lub w postaci wywrotki /rys. 404/ wysyła ścieki na złoże. Gdy ścieki podnoszone są na złoże pompami mogą być poprostu nastawione ono na pracę z przerwami. W okresach przerw ścieki gromadzą się w komorze smoków. Dawkujące urządzenie pokazane na rysunku 403 działa w sposób następujący. W chwili przerywania wypływu ustala się

w rurze syfonowej poziom ścieków na wysokości A otworów dysz rozle-
wających i jednocześnie w rurze łączącej w poziomie B. Ścieki, groma-
dzące się w zbiorniku, powodują podnoszenie się zw. wody, które zakry-
wa wkrótce krawędź dzwonu i powoduje sprężanie się pod nim powietrza
z jednoczesnym wyciskaniem kolumny wody z przewodu łączącego dzwón z
rurą przelewową w kierunku do kolanka D. Woda wypełniając zbiornik do-
chodzi powoli pod dzwonem aż do krawędzi rury wypływowej. Gdy poziom
ścieków w rurze odpływowej obniży się do C zaś w rurze łączącej do D
nieвелиki wzrost ciśnienia powoduje gwałtowne wydostanie się z pod
dzwonu powietrza oraz napływ na jego miejsce ścieków do rury wypływo-
wej i uruchomienia lewaru. Opróżnienie zbiornika trwa aż do momentu
gdy ścieki spadną do poziomu otworu wprowadzającego pod dzwón powie-
trze. Przerywa ono działanie lewarowe. Ścieki przepływają również przez
rurkę łączącą dzwón z rurą przelewową tak, że w chwili przerywania
przepływu jest ona wypełniona wodą. Przewód odpływowy ze zbiornika
powinien być bezpośrednio pod nim obniżony poniżej poziomu otworów
dysz, gdyż w przeciwnym wypadku będą ścieki z przewodu sączyć się
przez dysze w czasie przerwy w zraszaniu.

Naturalne przewietrzanie złoża prze-
biega w kierunku pionowym z dołu do góry lub odwrotnie, zależnie od
ciepłoty zewnętrznej. Ponieważ powietrze wewnętrzne w zimie jest cie-
plejsze od zewnętrznego kierunek przepływu powietrza jest z dołu do
góry; a w lecie powietrze wewnątrz złoża jest chłodniejsze niż otacza-
jąco, ustala się więc kierunek ciągu z góry w dół. W czasie zimniej-
szych nocy następuje zmiana kierunku. Według przeprowadzonych spostrze-
żeń przy różnicy temperatury zewnętrznej i wewnętrznej wynoszącej 20°
przepływ powietrza ustaje /rys. 405/. Przy istniejących stale w prak-

tyce różnicach ciepłoty powietrza i ścieków powstający ciąg powietrza pokrywa całkowicie zużycie tlenu biochemicznego.

Naogół w rzadkich wypadkach stosuje się *s z t u c z n o* na p o w i e t r z a n i e złożeń. Złoża takie muszą być obudowane i odpływ musi być zaopatrzony w zamknięcie wodne. Powietrze wdmuchiwane jest z góry. Ilość powietrza powinna wynosić $0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$, odpowiada to prędkości przepływu powietrza 18 m/godz.

O b s ł u g a złożeń zraszanych polega na utrzymywaniu w czystości urządzeń zraszających, otworów, dysz i t.p.

Zraszaniu przy pomocy obracających się ramion nie towarzyszy wytwarzanie się przykrych woni z powodu małej wysokości spadku ścieków. Natomiast rozpylanie przy pomocy dysz często powoduje powstawanie w tym stopniu zapachów, że nie można oczyszczalni umieszczać blisko mieszkań i dróg. Środkiem zapobiegającym jest chlorowanie ścieków przed ich wprowadzeniem na złoża.

Powstanie kałuż na powierzchni złoża może być spowodowane przeciążeniem. Najczęściej jednak wywoływane jest czasowym silnym rozrośnięciem alg w górnej warstwie złoża. I w tym wypadku dobrze skutkuje chlorowanie ścieków powodując zabicie alg i usunięcie nagromadzonych zanieczyszczeń w złożu. Dobrze skutkuje przeciwnie tworzeniu się kałuż wruszanie powierzchni przy pomocy żelaznych grabi i pozostawienie złoża na pewien czas w spoczynku.

Wadą otwartych złożeń zraszanych jest silny rozwój much i komarów. Larwy ich żyją w dużej ilości na złożach i biorą udział w rozkładzie zanieczyszczonych ścieków. Szczególniej przykrymi są chmury małych muszek, - P s y c h o d a a l t o r n a t a, przenoszone z

wiatrem do sąsiednich okolic. Nie są one gryzące ale nieprzyjemną staje się ich duża ilość. Zwalczanie nadmiernej ilości much polega na zalowaniu złoży na przeciąg doby w odstępach tygodniowych lub dwutygodniowych. Glinie wówczas dużo larw z powodu braku tlenu. Jeżeli złoże nie może być zalane stosuje się chlorowanie ścieków dawkami do 200 mg/l. Nie należy jednak zapominać, że larwy psychody odgrywają bardzo wybitną rolę w procesie oczyszczania ścieków.

Ścieki odpływające z pod złoży wymagają oczyszczenia w osadnikach wtórnych o czasie zatrzymania 1-2 godzin. Budowane są one podobnie jak osadniki wstępne. Pożądanym jest w nich jednak przepływ pionowy, ze względu na łatwiejsze strącanie się zawieszin, występujących w postaci kłaczkowatej. Schwytywany osad ma charakter podobny do osadu czynnego, jest jednak bardziej rozłożonym. Zawartość wody w osadzie ze słabo obciążanych złoży wynosi 92%. Najlepiej poddawać go przegniwaniu łącznie z osadem z osadników wstępnych. Powiększa się wówczas ilość przegniłego osadu o 50%. Muszą więc być odpowiednio powiększone komory gnilne oraz powierzchnie dla suszenia osadu.

Doświadczenia zostały stwierdzone, że mikroorganizmy rosną szybciej i rozwijają się lepiej jeśli są karmione w sposób nieprzerwany. Zastosowano więc nieprzerwane zraszanie złoży, pozwalające na ich silniejsze obciążenie ściekami. Bakterie, rozwijające się w złożu otrzymują stałą pożywkę, zaś samo złoże jest stale przepłukiwane. Następuje również zmniejszenie się plagi much oraz powstawania przykrych zapachów. Tworzą się jednak większe ilości osadu o większej zawartości wody.

O b c i ą ż a n i e złożeń powinno być uzależnione od stężenia ścieków oraz wysokości złoza. Na słabo obciążanych złożach stosowane są w A m e r y c e normy 2-3 mieszkańców na 1 m^3 złoza. Według I m h o f f a przy prawidłowo wykonanych złożach oraz odpowiedniej obsłudze, obciążenie może być podwyższone do 5 mieszk/ m^3 . Po przeliczeniu tej liczby na ilości ścieków otrzymuje się przy rozbiórce 150 litr/ $\text{m}^2/\text{dobę}$ - $0,75\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dobę}$, względnie przy przyjęciu 2-metrowej wysokości złoza $1,50\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dobę}$.

Dla złożeń silnie obciążanych przyjmuje I m h o f f 20 mieszk/ m^3 . Odpowiada to ilości ścieków $3,0\text{ m}^3/\text{m}^3/\text{dobę}$. Przy wysokości złoza 3 m obciążenie powierzchniowe wyniesie $10\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dobę}$.

Gdy rozbiór wody nie odpowiada wyżej podanej normie właściwej jest obliczać obciążenie na podstawie tlenu biochemicznego, który dla ścieków oczyszczonych w osadnikach wynosi 35 $\text{m}^3/\text{g}/\text{dobę}$. Przy 5-iu mieszkańcach na m^3 otrzymuje się $175\text{ g}/\text{m}^3/\text{dobę}$, przy 20-u $700\text{ g}/\text{m}^3/\text{dobę}$.

W wypadku bardziej stężonych ścieków dobry skutek osiąga się przez ich rozcieńczenie, najlepiej ściekami z osadnika wtórnego, wprowadzanych przy pomocy powrotnego przepompowywania do dopływu na złoże.

W oparciu o zasadę nieprzerwanego i równomiernego w czasie zraszania pracują złoże nazwane w A m e r y c e a e r o lub b i o - f i l t r a m i. W okresach dnia gdy dopływ ścieków maleje dopełnia się dawkę do normy stałej obciążającej złoże przez p o w r o t n e w p r o w a d z e n i e ścieków z osadnika wtórnego. Zgodnie z wyżej powiedzianym, dzięki stałemu doprowadzaniu pożywek dla bakterii rozwijają się one silnie i ich działalność jest wydatniejszą. Przy równomiernym silnym obciążeniu zamykane są zanieczyszczenia i nie obserwuje się zatykania się złoza. Wysokość złożeń wynosi normalnie 2,4 m i składa

się ono z ziarn o średnicy 4 - 8 cm. Stosuje się złoża o przekroju kołowym z rozlewaniem ścieków przy pomocy przyrządu obrotowego. Stosowano obciążenia od 19 - 28 m³/m²/dobę, przy ściekach jednak mało stężonych. Tlen biochemiczny nie przewyższał 250 mg/l. Przy czym stosuje się zraszanie wielokrotne tak, iż stosunek dopływających do złoża ścieków z osadnika wstępnego do sumarycznej ilości ścieków przeprowadzanych przez złożo wynosi 1:2 - 1:4. Czas przetrzymania ścieków na złożach i odpowiedniej wielkości zbiornikach przejściowych wynosi 2 - 6 godzin, a nawet więcej. Największe obciążenie złoża ściekami powrotnymi nie może jednak przekraczać 112 m³/m²/d, co przy czterokrotnym zraszaniu odpowiada ilości pojedynczych ścieków 28 m³/m²/d. Okazuje się, że obciążenie 6,5 - 9,4 m³/m²/dobę powoduje zatykanie się złoża, zaś przy obciążeniu silniejszym zjawiska tego się nie obserwuje.

Skutek oczyszczania tych złoża wraz z osadnikami wtórnymi wyraża się zmniejszeniem tlenu biochemicznego w granicach o 44-55%. Nie osiąga się więc odpływu w pełni nie zdolnego do zagniwania. Aby nie powstawało zagniewanie musi nastąpić zmniejszenie tlenu biochemicznego /5-dniowe/ o 75-85%, co zostaje osiągnięte w wypadku złoża słabo i silnie obciążanych, które wraz z osadnikami wtórnymi obniżają tlen biochemiczny o 80-92%. Obserwuje się przy tym silny spadek ilości bakterii w odpływie. W zimie wobec silnie osłabionego przy obniżonej temperaturze rozwoju bakterii, działanie oczyszczające zmniejsza się o 20-30%. Przy silnym mrozie temperatura ścieków spada najwyżej o 4°. Odporniejsze na mróz są złoża silnie obciążane z uwagi na większą ilość ciepła doprowadzanego do nich ściekami.

Złoża silnie obciążane /rys. 106/ wymagają mniej miejsca, łącz-

ny koszt ich budowy jest mniejszy niż złóż słabo obciążanych. Natomiast przy stosowaniu recyrkulacji ściekami /rys.407, 408/ z osadnika wtórnego koszty ruchu są większe dla złóż silniej obciążanych, szczególnie jeśli wymagają one dodatkowego sztucznego przewietrzania.

Złóża zraszane są szczególnie odpowiednio, gdy dąży się do osiągnięcia tylko częściowego oczyszczenia biologicznego. Złóża mają tę wielką zaletę, że bez szkody dla siebie mogą znieść silne przeciążenie. Stosuje się je często w połączeniu z innymi sposobami biologicznymi, jako wstępny stopień oczyszczenia biologicznego i jako wtórny. Jako wstępny stopień stosuje się je przed polami nawodnianymi, filtrami gruntowymi i stawami rybnymi, gdy istnieje niebezpieczeństwo, że powstające w odpływie zanieczyszczenia spowodują zbyt silne zarastanie rowów odpływowych. Obciążanie pól nawodnianych po takim oczyszczeniu wstępnym może być większe. Złóża stosowane są również w połączeniu z oczyszczaniem osadem czynnym i to zarówno jako stopień wstępny i jako wtórny.

Dla wyjaśnienia współpracy osadników wstępnego i wtórnego ze złożem zraszonym podaję szczegółowszy nieco opis, projektowanych tego rodzaju urządzeń dla oczyszczania ścieków w Radomiu /rys.408, 409/ wykonanych Gdzyński ej /rys.410/.

Radom,

Ścieki, które przeszły przez osadnik wstępny, wprowadzane są kanałem okrężnym do studni, w której znajdują się pompy tłoczące ścieki na złóża zraszane. Kanał okrężny ma w rogu odgałęzienie, zamykane

zasuwami, którym ścieki po przejściu osadników, jako mechanicznie oczyszczane, mogą być bezpośrednio odprowadzone do kanału wylotowego i do rzeki. M l e c z n e j, omijając dalsze oczyszczanie biologiczne.

W studni znajdują się dwie pompy o pionowych osiach, o wydatku po 33 l/sek przy wysokości tłoczenia 4,0 m. Pompy te podnoszą ścieki na dwa złoża. Zraszanie następuje za pomocą zraszaczy obrotowych, pracujących reakcją wypływających ścieków. Ścieki które przeszły przez złoża, spływają po dnie do kanału i rurociągu, którym są wprowadzone w os osadników wtórnych, przelewem o poziomie 5 cm wyższym niż poziom ścieków w osadnikach wstępnych.

Ponieważ dopływ ścieków z osadników wstępnych jest mniejszy niż 33 l/sek na pompę i tylko w dniu letnim i godzinie największego rozbioru wody osiągnie tę wartość i to tylko w razie gdyby nie było żadnych strat wody wodociągowej, brakujące ścieki do pełnego wydatku pomp muszą dopłynąć z osadników wtórnych. W tym celu osadnik wtórny jest połączony ze studnią pomp za pomocą rury żeliwnej 200 mm średnicy, której dolny koniec zamknięto płytą stalową z nalepionym krążkiem gumy. Płyta jest umocowana na pionowym drążku podpartym poprzecznymi prętami na dwóch pływakach 25 cm średnicy. W razie za małego dopływu ścieków z osadników wstępnych, pływaki opadają i przez rurę dopływają będą ścieki z osadników wtórnych w takiej ilości, aby suma ścieków wyrównywała się z wydatkiem pompy. W ten sposób pompy przerzucają na złoża całą ilość ścieków świeżych, oraz odpowiednią część ścieków, które już raz przeszły przez złoża, do ogólnej sumy $2 \times 33 \text{ l/sek}$ lub $2 \times 118 \text{ m}^3/\text{godz}$.

W studni będą zainstalowane dwie pompy każda na połowę ilości ścieków, które mają być oczyszczane w jednej grupie oczyszczalni. W ra-

zie zopsucia się jednej pompy i chwilowego jej wyłączenia pracować będzie tylko druga. A gdyby dopływ ścieków był większy niż wynosi jej wydatek, nadmiar ścieków będzie odpływał kanałem odgałęziającym się do kanału ścieków oczyszczonych tylko mechanicznie. Wyloty obu pomp są połączone ze sobą tak, iż każda z nich może pracować na dowolne zło-
zo.

Ścieki opuszczające złoże są ujęte w rurę 200 mm średnicy, płyną w niej z prędkością 1,05 m/sek, w spadzie ciśnienia 10‰, i są wprowadzone w środek osadnika wtórnego, w drewnianą rurę średnicy 80 cm z klepek. Przelewają się przez kielich i są tą rurą skierowane w dół, aby po strąceniu się osadów jako oczyszczono już ścieki mogły się przelewać do korytek obiegających cały osadnik. Czas zatrzymania ścieków wynosi 46 minut.

Nadmiar oczyszczonych ścieków, które nie będą pobrane przez pompy i powtórnie przetłoczone na złoże, spłynię w korytka, otaczające osadnik i stamtąd w kanał o średnicy 40 cm, łączący się z kanałem apustowym ścieków, które przeszły przez osadniki i nim odpłynię do rzeki.

Osady zbierające się w lejach osadników wstępnych i wtórnych będą periodycznie z nich wypompowywane przez otwarcie zasuw na przewodzie, prowadzącym osady, umieszczonej na odgałęzieniu do leja. Rurociąg, zbierający wszystkie osady, na średnicę 175 mm, rurociągi odgałęziające się do lejów 150 mm. Przy wydatku pomp, tłoczącej osady, 10 l/sek prędkość w rurociągu zbiorczym wynosi 0,43 m/sek, a przy poborze osadów z dwóch lejów jednocześnie prędkość na ciągu bocznym będzie 0,29 m/sek, zaś przy poborze z jednego tylko leja 0,57 m/sek. Dla umożliwienia otwierania zasuw przez osadniki przerzucone są chodniki

żelbetowe, które równocześnie będą usztywniać ściany osadników.

Rurociąg osadowy ssący łączy dwie grupy osadników ze sobą w studni, w której staną dwie pompy osadowe, o wydatku po 10 l/sek. Jedna z tych pomp będzie zapasowa, gdyż pobór osadów z lejów nie może ulegać dłuższej przerwie /ponad 24 godz./ z obawy przed rozpoczęciem się fermentacji osadów w lejach. Zasuwaniami można dowolną pompę przyłączyć do dowolnej grupy osadników.

Pompy tłoczą osady do zbiornika żelbetowego o pojemności 10 m³ zaopatrzonego w dno lejowate, skąd będą spływać na centryfugę, gdzie wydzielony będzie w nich nadmiar wody.

Urządzenie samoczynne będzie dawkować osady na centryfugę, z której 8-10 razy na godzinę będą odwodnione już osady zeszkrobane nożem automatycznie i wrzucone do wózków, podczas gdy pozostałe płynne ścieki będą odprowadzane do kanału głównego, przechodzącego przez budynek centryfug. Ścieki odwirowane razem z surowymi ściekami przejdą na dalsze grupy osadników oraz na oczyszczalnię biologiczną.

Osady odwodnione będą przewożone wózkami na plac składowy, na którym będą składane, przy ewentualnym przesypywaniu poszczególnych warstw torfem i piaskiem, wydobywanym z piaskowników. Z placów składowych osady będą wywożone furmankami.

G d y n i a /rys.410/.

Przewidziany ubój miał wynosić początkowo przy ruchu 6-godzin-
nym 70 sztuk grubego bydła, 150 drobnego i 400 świń, na dobę. Ruch ten
miał być następnie podniesiony o 33% przez przedłużenie uboju do 8 go-
dzin na dobę, w końcu podwojony, przy rozbudowaniu rzeźni na terenach,
które zostały w tym celu odrazu nabyte. Dla przyjętych norm zużycia

wody w początkowym stanie, zapotrzebowanie jej wynosi 310 m³, głównie w ciągu 6-8 godzin dziennie.

Odpywające z rzeźni ścieki będą w przyszłości ujęte w zbiorczy kanalizacyjny obsługujący Pogórze, Obłuże i Oksywie, muszą być jednak i w tym wypadku silnie podczyszczane, początkowo zaś muszą być wprowadzone do otwartego bezwodnego rowu, wpadającego do Chylonki, i z nią do morza. Oczyszczenie ścieków przynajmniej w początkowych stadiach rozbudowy rzeźni musi być bardzo silne.

Ścieki zebrane ze wszystkich budynków rzeźni, wraz z budynkami mieszkalnymi, są doprowadzone do studzienki szerokości 1,5 m, z której mogą być albo przepompowywane na oczyszczalnię, albo, w razie zatrzymania jej ruchu, mogą być jeszcze w stanie nieoczyszczonym grąwką - oczywiście spuszczone do otwartego rowu odwadniającego do Chylonki. Będzie to oczywiście wypadek zupełnie wyjątkowy. Normalnie ścieki ze studzienki mającej 4,8 m³ pojemności podnoszone są pompą wirnikową o wydajności 12 litr/sek na oczyszczalnię. Pompa jest ustawiona poza kratą wstęgową, obracalną, oczyszczaną samoczynnie. Zmiotki z kraty są spłukiwane, przy pomocy prądu wody, rynną blaszaną do jednego z dwóch osadników gnilnych, gdzie podlegają beztlenowemu przegniwaniu. Krata ma 8 mm prześwitu między prętami, gdyż mniejszy prześwit okazuje się niepraktyczny ze względu na zabiwanie kraty tłuszczem. Pompa jest uruchamiana okresowo, pływakiem umieszczonym w studziencie. Równocześnie z uruchomieniem pompy, uruchamia się kratę i szczotki oczyszczające. Ze względu na bezpieczeństwo ruchu, ustawiono są dwie pompy podnoszące ścieki, przy czym druga pompa jest uruchamiana przy wyższym poziomie ścieków. Normalnie pracuje jedna pompa. W razie niespodziewanego wzrostu dopływu wchodzi w ruch także i druga jednostka. W wypadku na-

prawy jednej z nich druga będzie zawsze czynna.

Pompy tłoczą ścieki do osadnika wstępnego, mającego pojemność 36 m^3 w górnej pionowej części i 20 m^3 w dolnej stożkowej. W osi osadnika jest umieszczona pionowo rura betonowa o średnicy $0,8\text{ m}$, do której wchodzi rura żeliwna prowadząca ścieki z wylotem na $0,8\text{ m}$ poniżej poziomu wody.

Cieęższe zanieczyszczenia osiadają w leju, drobniejsze i tłuszcz wznoszą się wraz z wodą w górę, przy czym woda przelewa się przez cały obwód osadnika do rynienki, która ją odprowadza do studni czerpalnej. Stąd podnoszona jest ona na złoże zraszane. Tłuszcz wypływa na powierzchnię wody i ścina się, jest też stamtąd okresowo zbierany szuflami i odwożony do kotłów dla przeróbki z tłuszczem uzyskiwanym z innych działów rzeźni. Rama drewniana zanurzona w wodę przed krawędzią przelewu powstrzymuje warstawkę tłuszczu od spłynięcia ze ściekami do korytka.

W studni są założone dwie pompy, z których jedna jako zapasowa, o wydatku po 10 litr/sek . Pompa w sposób ciągły podnosi ścieki na złoże zraszane. Ponieważ ruch pompy podnoszącej ścieki na osadnik wstępny jest okresowy i zwłaszcza w nocy odbywa się w dużych odstępach czasu, zaś ruch pompy podnoszącej ścieki na zraszacz jest stały, w razie braku dopływu świeżych ścieków, otwiera się kłapa zwrotna na rurze prowadzącej ścieki oczyszczone i pompa czerpie tyle wody ze ścieków oczyszczonych, ile brakuje ścieków surowych do wydatku pompy 10 litr/sek .

Zraszacz jest obrotowy, dwuramienny, budowy Geigera, uruchamiany małą przewyżką ciśnienia około 50 cm . Ramiona rurowe mają na końcach zamknięcia, przez które codziennie przesuwają się szczotkę dla ich oczyszczenia. Złoże ma $8,0\text{ m}$ średnicy, $2,4\text{ m}$ wysokości, 50 m^2 powierz-

chni, jest stoczone żelbetowym murkiem, zaopatrzonym w otwory przy posadzce dla dopływu powietrza i wypełnione tuczniem granitowym o ziarnie grubości 5 cm. Płaszcz żelbetowy został po uruchomieniu podniesiony pierścieniem z blachy cynkowej o 0,3 m ponad poziom tuczni, z powodu rozpryskiwania się ścieków poza złoże.

Ścieki opuszczające złoże są wprowadzane rynienką na osadnik mający rozmiar w planie 3,5 x 3,5 m, i 22,2 m³ pojemności, posiadający stożkowe zagłębienie głębokości 2,42 m. Wprowadzone są osiowo, w betoniową rurę, którą są skierowane najpierw w dół, poczem pomału wznoszą się, przelewając się wzdłuż całej krawędzi do rynienki obiegającej osadnik. Z osadnika tego są ścieki wprowadzone na drugi taki sam osadnik, znów osiowo. Z rynienki zbierającej z niego odpływ uchodzący albo do studni, z której pompa czerpie ścieki na zewnątrz, albo przelewem dostają się do kanału odpływowego, jeśli dopływ ścieków surowych do pompy jest dostateczny.

Osady zbierające się w osadniku wstępnym, za kratą, są grawitacyjnie wpuszczane do komory gnilnej mającej 115 m³ pojemności i 5,75 m głębokości. Komór takich jest dwie i pracują one równolegle. Osady z osadników wtórnych tworzą się na zbyt niskim poziomie aby mogły być grawitacyjnie spuszczone do komór gnilnych, wobec czego w godzinach małego obciążenia oczyszczalni, są spuszczone do studzienki wstępnej, z której są podnoszone na osadnik wstępny i tam osadzone, a następnie są już grawitacyjnie spuszczone do komór gnilnych.

Komory gnilne przyjmują zatem bardzo grube zanieczyszczenia, osiadające na kracie wstępnej, następnie osady z osadnika wstępnego, w końcu osady z obu osadników wtórnych. Komory mają ściany ocieplone,

strop żelbetowy z uszczelniającą wkładką ołowianą, dzwony zbierające wytworzony gaz, oraz mieszadła wykonane jako pompy, założone w osi i mieszające ścieki, celem niedopuszczenia do utworzenia się kożucha. Niestety doświadczenie dowiodło, że kożuch się tworzy, tak, że w przyszłości pompy będą zastąpione mieszadłami mechanicznymi. Wytworzony gaz ogrzewa wodę w kociołku, z którego woda przechodzi przez węzownicę umieszczoną w komorach, podgrzewając ścieki.

Codziennie część przegniłego osadu jest spuszczana na baseny ociekowe, zdrenowane, na których osad osieka z wody i jest zabierany jako nawóz. Odpływ z drenów jest zupełnie klarowny, co dowodzi dobrego przegniciu osadów.

Tuż przed wojną oczyszczalnia przyjmowała około 300 m³ ścieków na dobę, podnoszonych na złoże było 864 m³. Ścieki przechodziły więc prawie trzykrotnie cykl oczyszczania. W godzinach uboju złoże było silnie przeciążone, zdołały jednak gromadzić w sobie doprowadzane zanieczyszczenia i oddawać wodę dostatecznie czystą. W godzinach późniejszych złoże przerabiało zebrane zanieczyszczenia oraz było przepłukiwane coraz bardziej czystymi ściekami i w ten sposób przygotowane do następnego okresu wzmożonej pracy. Oczyszczone ścieki w żadnym wypadku nie zagniewały w odbiorniku, nie było też żadnych zapachów na oczyszczalni. Nieraz pojawiła się plaga muszek "Psychoda", która jednak samoczynnie później ustała. Dla wyznaczenia ilości zużycia tlenu biologicznego dla ścieków nieoczyszczonych oraz oczyszczonych i to w godzinach tak silnego przeciążenia oczyszczalni, jak i regonocacji złoże, były pobrane próbki, których zbadaniu jednak przeszkodziła wojna. Schemat pracy oczyszczalni przedstawia rys. 410-a.

Zamurzone przedmuchiwanie złoża.

Złoża przedmuchiwane pracują pod wodą. Tlen niezbędny do mineralizacji zanieczyszczeń doprowadzany jest z wdmuchiwanego do wody powietrza. Ścieki przepływają przez zbiorniki, w których umieszczone są złoża, w sposób ciągły. Spad niezbędny dla przeprowadzenia ścieków wynosi zaledwie niewiele centymetrów 10-20 cm. Złoża budowane są z tłucznia, koksu, łat drewnianych, ruchomych kawałków korka i drzewa, sfałowanej blachy glinowej oraz betonowych beleczek. Powierzchnie szorstkie są mniej odpowiednie, gdyż zbyt do nich przywierają tworzące się osady, nie dając się łatwo usunąć. Lepsze wyniki osiąga się przy użyciu materiałów łatwo wypływających z wody podczas płukania i ulegających przy jednoczesnym napowietrzeniu wirowaniu. Materiałem najlepszym więc jest korek. W czasie pracy złoża, utrzymywany jest on nieruchomo przy pomocy krat. W czasie płukania i usunięcia krat wypływa na powierzchnię i jest silnie wzburzony. Osad zebrany na powierzchni korka zostaje spłukany.

Doprowadzenie powietrza odbywa się przy pomocy wbudowanej w dno sieci przewodów, lub dla zaoszczędzenia powietrza przy pomocy rury wahadłowej /rys. 411/. Ruch powietrza ułatwia wypłukiwanie osadów, gromadzących się na złożu. Dno powinno być tak wykonane, by nie mógł się na nim zbierać osad. Jest on stale wzruszany przez rurę wahadłową i unoszony przez przepływające ścieki do wylotu. Złoża najlepiej umieszczać w obudowie ze skrzyni drewnianych.

Wówczas powietrze tłoczone powoduje wzniesienie się powierzchni ścieków na złożach, zaś obniżenie poza nimi. Osiąga się przez to wielokrotne przemieszczanie i dobrą styczność ścieków ze złożem. Stosowane są również złoża ruchome z łat drewnianych /rys. 412/.

Przy pomocy dołączonego ramienia, można zmieniać nachylenie względem siebie dwóch części złoża górnej i dolnej na odwrotne. W ten sposób osiąga się należyte przewietrzenie obu stron łat przy pomocy rury wahadłowej i spłukanie przylegającego osadu.

Złoża zanurzone mogą być wbudowane w każdym osadniku. Wówczas jednak pierwsza część osadnika musi być pozostawiona swobodnie, aby umożliwione było wytrącenie się grubszych zawieszin. Również końcowa strzecia część osadnika powinna być niezabudowana w celu umożliwienia wytrącenia się unoszonego przez ścieki osadu. Rysunek 413 daje przykład wbudowanego złoża w osadniku Imhoffa w Volbert. Złoże jest umieszczone w środkowym osadniku, których trzy są połączone ze sobą jeden za drugim. Tworzący się osad na złożu jest wypłukiwany przez prąd wody, jaki powstaje przy ruchu wahadłowym przewodu powietrznego.

Dla uzyskania pełnego biologicznego oczyszczenia konieczne są stosunkowo długie czasy zatrzymania, co najmniej równe czasom zatrzymania w urządzeniach oczyszczających sposobem osadu czynnego. Ze względu na zmniejszenie pojemności zbiorników przez złoże, rozmiary pomieszczeń muszą być odpowiednio powiększone. Zużycie powietrza jest bardzo duże, gdyż służy ono nie tylko dla doprowadzenia tlenu do mikroorganizmów, lecz również jako środek płuczący. Dochodzi do tych złych stron jeszcze łatwość zamulania się. Z tych względów nie znajdują złoża zastosowania szerszego zastosowania dla oczyszczania ścieków miastecz. Natomiast stosowane są do oczyszczania niektórych odpływów przemysłowych. Szczególnie dobre wyniki osiąga się przy oczyszczaniu tłustych wód z pralni wełny. Tłuszcz wydziela się na powierzchni w postaci piany i jest przy pomocy odpowiednich urządzeń stamtąd usuwany. Również odpływy

wiedniami są w wypadku wprowadzania ścieków falami. Znoszą dobrze przeciążanie. Nie są czułe na trujące zanieczyszczenia wód przemysłowych, np. fenolowych, zatrzymując w wielu wypadkach główną część trujących domieszek. Dużą zaletą ich jest brak zapachów i plagi much. Główną zaletą jest, że z łatwością przy ich pomocy daje się osiągnąć dowolny stopień oczyszczenia biologicznego, osiągany przez dłuższy lub krótszy czas zatrzymania. P e ł n o biologiczno o c z y s z - c z e n i e uzyskuje się przy 6-godzinny czasie przepływu. Zużycie powietrza wynosi wówczas 4 m^3 na 1 m^3 ścieków. Dalszą zaletą jest szybki czas dojrzewania 1-2 dni.

Powstający na złożach osad chwytny być musi w osadnikach wtórnych. Czas zatrzymania może być w nich skrócony nawet do 15'.

O s a d ten doprowadza się do dopływu na osadniki wstępne. Ilość jego przy pełnym biologicznym oczyszczeniu ścieków wynosi $1,5 \text{ l/m/dobę}$ przy zawartości wody 97,5%. Przy wspólnej fermentacji osadów z osadników wstępnych i wtórnych ilości przegniłego osadu wynoszą $0,61 \text{ l/m/dobę}$ z zawartością wody 90%.

Złoża zamurzone włączane są do współpracy z innymi sposobami biologicznymi jako wstępny stopień, mający za zadanie usunięcie trudnych do rozkładu zanieczyszczeń. Wtórne biologiczne oczyszczenie przeprowadzane jest wówczas na złożach zraszanych lub przy pomocy osadu czynnego.

Osad czynny.

Najdoskonalszym sposobem oczyszczania biologicznego ścieków jest osad czynny. Był on odkryty w roku 1913 przez L o c k e t t a obecnie znajduje bardzo powszechne zastosowanie szczególnie w Amory-

co. Proces oczyszczania przebiega bez zapachów ze względu na tlenowo warunki pracy; odpływ jest lepszej jakości niż z innych urządzeń biologicznej; osad choć o bardzo dużej zawartości wody w stanie świeżym jest bez zapachu i zawiera dwa razy więcej składników nawozowych niż otrzymywany przy innym sposobie oczyszczania biologicznego. Kosztowniejszy jest jednak w ruchu ze względu na konieczność dostarczania do urządzeń sprężonego powietrza oraz dużą ilość osadu do usuwania.

Przy pracy z osadem czynnym upodobnia się najbardziej naturalne procesy biologiczne samooczyszczania się wód. Przez wdmuchiwanie powietrza w ścieki wytwarza się sztucznie działający oczyszczający plankton i umożliwia jego działanie w stężonej postaci w wysoce sprzyjających warunkach. Przez stałe nasycanie tlenem, będących w ruchu ścieków, tworzą się wkrótce, składające się ze strąconych koloidów, kolonii bakterii i pierwotniaków, kłaczkowate o kolorze lekko do ciemno brązowego zawiesiny, które wobec swoich adsorpcyjnych właściwości zatrzymują zawarte w ściekach zanieczyszczenia i zamieniają je przy pomocy osiedlających się na jego powierzchni mikroorganizmów w związki mineralne. Wobec swojej zawartości mikroorganizmów, ten pływający osad, nazwany został osadem czynnym. W przeciwieństwie do złoź zraszających, gdzie błona przylega do kruszywa, poruszają się tutaj działające oczyszczająco błony w kształcie kłaczków wolno w wodzie. Przez sztuczny ruch wody osiąga się to, że kłaczkowate masy nie mogą osiadać na dnie. Ożywione kłaczkowate utrzymywane są stale w zawieszeniu i jednocześnie stale mieszane ze ściekami, w ten sposób doprowadzane ciągle do nowych związków pożywnych.

W przebiegu oczyszczania zachodzi współdziałanie procesów chemicznych, fizykalnych przede wszystkim jednak biologicznych. Najważniejszym wynikiem jest skłaczkanie zawieszin i domieszek koloidalnych. Odbywa się to podobnie do chemicznego strącania przy pomocy soli żelaza i wapna. Kłaczkowe zawiesziny stanowią gąbczastą masę, która zawiera i utrzymuje domieszki koloidalne i bakterie. Gąbczasta budowa kłaczków tworzy dużą powierzchnię będącą w stanie adsorbować koloidy, rozpuszczone gazy i zawartości barwnikowe w sposób podobny jak błona biologiczna, znajdująca się na ziarnach kruszywa złoż zraszanych. Czynność organizmów, które niszczą koloidy i rozpuszczone domieszki, polega na procesie utleniania. Prowadzi on do nitryfikacji, przy czym tworzą się poważne ilości azotanów i azotynów. W procesie oczyszczania bierze udział wiele rodzajów grup bakterii, najczynniejszą jest bakteria zoogloa ramigera. Rozkład biochemiczny wywołany jest raczej działaniem fermentacji niż bakterii. Czynny udział w procesach zachodzących biorą również bakteriofagi. Stale istnieć musi równowaga pomiędzy bakteriami i pierwotniakami.

Dla wytworzenia się w sposób naturalny osadu czynnego niezbędny jest długi okres czasu, przyspieszyć go można w bardzo silnym stopniu przez dodanie do świeżych ścieków i wymieszanie z nimi osadu już ożywionego.

Różnicę pomiędzy nawietrzaniem ścieków nie zawierających osadu czynnego oraz zawierających go obrazują krzywe na rysunkach 414. Gdy w ściekach nawietrzanych nie zawierających osadu czynnego jeszcze w ciągu 15 dni nie następuje całkowita nitryfikacja, przy jego obecności powstaje ona w ciągu 5 godzin.

Dobre oczyszczanie wstępne sprzyja wybitnie procesowi aktywi-

zacji osadu oraz sposób staje się bardziej ekonomiczny wobec oszczędności powietrza i zmniejszenia trudności z osadem. Jako o c z y s z c z e n i e w s t ę p n e stosuje się osadniki. Koniecznym jest należyte oczyszczenie z tłuszczów i olei, gdyż hamują one dopływ tlenu do powierzchni kłaczek. Jeśli ścieki dopływają na oczyszczalnię już w stanie zagniłym dobrze wpływa nawietrzenie wstępne, usuwające siarkowodor. Polecany jest również wstępne chlorowanie. Osad czynny ma za zadanie usunięcie tylko nie ulegających osiadaniu oraz rozpuszczonych zanieczyszczeń.

Oczyszczanie ścieków odbywa się w z b i o r n i k a c h n a w i e t r z a n i a przez które ścieki zmieszane w pewnym stosunku z osadem czynnym są przeprowadzane, podlegając w czasie przepływu silnemu nawietrzaniu. Czas zatrzymania w zbiornikach, względnie nawietrzania zależy od rodzaju ścieków, pożądanego stopnia ich oczyszczenia oraz sposobów nawietrzania. Po nawietrzeniu mieszanina ścieków i osadu wprowadzana jest do osadników wtórnych, gdzie następuje wytrącenie osadów. S k l a r o w a n e ś c i e k i doprowadzane są do od b i o r n i k a. Część osadu doprowadza się do wpływających na oczyszczalnię biologiczną ścieków, zaś pozostały nadmiar ulega dalszej przeróbce lub też usunięciu /rys. 415/. W niektórych oczyszczalniach to s t a r d o p o w r o t n y ulega ożywieniu przez dodatkowe nawietrzenie /rys. 416/ zanim wprowadzi się go do dopływających ścieków. W A m e r y c e stosowany jest skrócony czas zatrzymywania ścieków świeżych w osadnikach wstępnych 45' - 1 godziny.

Zbiorniki do przewietrzania buduje się wąskie lecz długie. Zwykle stosowane głębokości wynoszą 2,5 - 4 m. Wielkość zbiorników zależy od niezbędnego czasu zatrzymania, ten zaś od rodzaju nawietrzania.

Zależnie od sposobu doprowadzenia powietrza do ściaków rozróżnia się:

nawietrzenie sprężonym powietrzem,

" mechanicznie /powierzchniowe/,

" złożone.

W sposobie nawietrzania sprężonym powietrzem doprowadza się je przez płytki z topionego kwarcu, znane pod nazwą *f i l t r o s ó w*, lub też z topionego glinu, stosowane są również płytki ceramiczne. Powietrze tłoczone dyfundując przez płytki zostaje rozbite na drobne pęcherzyki i rozdziela się równomiernie w przepływających nad płytkami ściakach. Powietrze doprowadzane w ten sposób ma za zadanie nie tylko dostarczenia odpowiedniej ilości tlenu potrzebnego dla organizmów, biorących udział w procesie oczyszczania, lecz jednocześnie utrzymania w zawieszeniu osadu, nie pozwalając mu na zbijanie się na dnie i zagniewanie. Przy ruchu wody i cząstek osadu następuje ciągłe przemieszanie i wytwarza się ściślejse zetknięcie pomiędzy osadami czynnym i rozpuszczonymi oraz koloidalnymi zanieczyszczeniami. Skłódkowany osad może wykonać należycie swą czynność adsorpcyjną. Dla rozwoju organizmów zużyta zostaje tylko część tlenu z doprowadzonego powietrza, zwykle nie więcej niż 5-10%.

Stosowane płytki mają szerokość 0,30 m, grubość 25-40 mm i porowatość 33%. Powinny one przepuszczać 300-1200 $\text{litr/m}^2/\text{minutę}$. Umieszczone są one grupami albo w ten sposób, że powietrze filtrujące rozdziela się równomiernie na całej szerokości dna /rys. 417/ lub jednostronnie z boku dna /rys. 418, 419/. Umieszczenie płytek z boku wraz z odchylającymi płaszczyznami u zwiórciadła ściaków i drugiej krawędzi dna wywołują krążenie, dające łącznie z ruchem postępowym ściaków

ruch spiralny, przedłużający drogę przepływu. Przy tej konstrukcji oszczędza się około 25% powietrza w stosunku do poprzedniej. W dnie wykonane są kanały kryte szczelnie z wierzchu płytkami. Powietrze doprowadzane jest pod spód płytek przy pomocy przewodów rurowych z umieszczonymi na nich zasuwami regulacyjnymi. Do każdej grupy płytek, składającej się zwykle z trzech lub czterech, dochodzi jeden przewód powietrzny. Płytki są wbudowywane bezpośrednio w dno lub umieszczane najczęściej w skrzynki filtracyjne, z których każda ma własne doprowadzenie. Skrzynki wykonuje się z różnego materiału i wbudowuje w dno.

Stosowane płytki powinny odznaczać się trwałością, wytrzymałością na korozję, wytrzymałością na gięcie i nie powinny podlegać łatwo zapychaniu się. ^{Wielkość} Powierzchni skutecznych płytek otrzymuje się przez podzielenie ilości niezbędnego powietrza na minutę przez ilość powietrza na jednostkę powierzchni płytki najbardziej odpowiedniej, która waha się od 0,5 - 1,2 m³/m²/minutę. Przy mniejszych wydajnościach jednostkowych nie otrzymuje się równomiernego rozdziału powietrza, zaś przy większych powiększają się nadmiernie opory tarcia. Porowatości płytek, względnie stosunek otworów do całej pojemności wahają się w granicach 30-38%, większa porowatość powoduje mniejsze opory dla przejścia powietrza i mniejsze niebezpieczeństwo zatykania się. Płytki tego samego rodzaju klasyfikuje się według ich przepuszczalności. W A m e r y c e oznaczają przepuszczalność ilością powietrza w stopach sześciennych, o wilgotności względnej 10-25% przy 70°F /21,1°C/, która przechodzi przez stopę kwadratową pod ciśnieniem odpowiadającym wysokości słupa wody 2 cali /51 mm/. Na rysunku 420 pokazane są charakterystyki płytek "Aloxite Brand",

Jednym z najważniejszych warunków dobrego skutku jest dobre działanie płytek. Zanieczyszczenia płytek powodują powiększenie kosztów tłoczenia powietrza. Należy więc je utrzymywać w czystości. W razie zanieczyszczenia nie dającego się usunąć trzeba je wymienić na nowe. Przy dłuższym użyciu następują na stronie wewnętrznej zanieczyszczenia przez kurz, olej, inkrustację rur, tlenek żelaza, wapno, organiczne substancje, mogące sięgać aż na głębokość 3 mm. Oczyszczanie przeprowadzane przy pomocy kwasu solnego i dmuchawkę płaskową nie okazało się skuteczne. Stosuje się spalanie przy pomocy płomienia. Srodkami, które zmniejszają możliwość zanieczyszczeń są: 1/ uruchomienie urządzenia po sprawdzeniu, że wszystkie przewody prowadzące do płytek są całkowicie czyste, 2/ stałe wtłaczanie powietrza dla niedopuszczenia by osad lub ściółki mogły przenikać do por, 3/ utrzymywanie filtrów powietrza w dobrym stanie, 4/ stałe oczyszczanie płytek dyfundujących.

Stosunek powierzchni dyfuzorów do powierzchni zbiornika nawietrzania w wybudowanych zakładach waha się w dużych granicach i jest mniejszy przy zastosowaniu spiralnego przepływu. Wynosi w M i l - w a u k e e 1:4 i 1:5, w C h i c a g o dawniejszych 1:9,4, w nowszych C a l u m o t 1:19,5 i 1:20,2.

Aby osiągnąć dobre wykorzystanie powietrza należy zwrócić uwagę by nie było możliwym powstawanie martwych przestrzeni, wywołujących obszary pozbawione tlenu, co w skutku powoduje powstawanie procesów beztlenowych i związanych z tym dużych trudności. Ze względu na to, że na początku zbiorników zużywa się najwięcej tlenu, wprowadza się w przedniej części więcej powietrza niż w tylnej.

Poza płytkami zastosowane były również c y l i n d r y c z -

ne dyfuzory /rys. 421/ długości około 0,6 m, o powierzchni dyfuzyjnej $0,30 \text{ m}^2/\text{mb}$. Są one podwieszone w zbiornikach parami na przewodach doprowadzających powietrze. W oczyszczalni E s s e n R e l l i n g h a u s e n II przeprowadzane jest napowietrzenie przy pomocy wahadłowo poruszającej się rury /rys. 422/. Otwory, wprowadzające powietrze, są umieszczane na części rury sąsiadującej z dnem. Ma to za zadanie poruszenie osiadającego osadu i wprowadzenie go w ruch obrotowy. Jednocześnie powietrze uderzając o dno rozбивa się na wiele drobnych pęcherzyków, przez co osiąga się dobro jego wykorzystanie.

Głębokość zbiorników w dużych oczyszczalniach wynosi 4,5 m, w małych 3,0 m, przy szerokości równej $l = 1,5$ -krotnej głębokości.

Czas zatrzymania i ilość powietrza zależy od rodzaju ścieków i pożądanego stopnia oczyszczenia. Dla przeciętnych ścieków miejskich czas zatrzymania dla osiągnięcia pełnego biologicznego oczyszczania wynosi 6 godzin, ścieków rozcieńczonych 4 godziny, stężonych 10 godzin.

Powietrze musi być doprowadzane do zbiorników pod ciśnieniem dostatecznym dla pokonania oporów tarcia w przewodach i dyfuzorach oraz wysokości ciśnienia wody ponad nimi. Ciśnienia stosowane wynoszą $0,35 - 0,7 \text{ kg/cm}^2$. Projektując wysokość ciśnienia należy uwzględnić możliwość zatkania się filtrujących płytek, powodującego większe straty ciśnienia. Ekonomiczne prędkości przepływu powietrza w przewodach znajdują się w granicach 10-15 m/sek. Doprowadzane powietrze musi być wolne od oleju, kurzu i insektów, gdyż w przeciwnym wypadku zbyt szybko ulegają zatkanie urządzenia dyfundujące powietrze. Ujęcie

powietrza powinno być tak umieszczone, by dopływało do niego ono w stanie możliwie czystym. Niezależnie od tego musi przechodzić ono przez filtry. Większą sprawność dmuchaw osiąga się przy ujęciu chłodnego powietrza. Dmuchawy tłokowe z powodu tego, że rzadko kiedy, nawet przy zastosowaniu filtrów olejowych, dostarczają powietrze niezaolawione, okazały się niepraktycznymi. Odpowiedniojszymi są dmuchawy wirnikowe i o tłokach obrotowych, dostarczające powietrze wolne od oleju i dające się lepiej dostosowywać do zmian w ruchu. Zależnie od sposobu napowietrzenia zapotrzebowanie mocy na 1000 m³/dobę ścieków wynosi 3 - 6 Kw.

Według dawniejszych zaleceń ilość powietrza tłoczonego określano w stosunku do ilości ścieków. Stosunek ten waha się od 4:1 do 12:1. Na jeden więc m³ ścieków dostarczyć należy 4-12 m³ powietrza. Porównanie ilości powietrza i ścieków jest tylko wówczas słuszne, jeśli ma ono tylko dostarczyć tlen wykorzystywany biologicznie, natomiast niesłusznie jeśli ma również za zadanie mechaniczne poruszenie ścieków. Z tego powodu stanowi o ilości powietrza sposób nawietrzania i utrzymywania w zawieszeniu osadu. Z podanych wyżej ilości powietrza tylko nieznaczna część tlenu 5-9% zużywana jest przy procesach biologicznych.

Nawietrzanie mechaniczne oparte jest na tej zasadzie, że tylko niewielka część tlenu zawartego w doprowadzanym pod ciśnieniem powietrzu jest zużywana. Główna część powietrza służy dla celu utrzymania w zawieszeniu osadu czynnego i wprowadzania go w styczność z coraz to nowymi zanieczyszczeniami przepływających ścieków. Rolę utrzymywania w zawieszeniu i mieszania spełniają mechanizmy. Powietrze do-

prowadzane jest do ścieków przez powierzchnię. Rozwinęło się kilka sposobów. We wszystkich chodzi o stworzenie możliwie dużej powierzchni adsorbującej powietrze. Przez stałe rozbijanie warstewki powierzchniowej osiąga się wchodzenie w ciągłą styczność z powietrzem danej ilości ścieków.

S p o s ó b H a w o r t h a, inaczej zwany basenami S h e f f i e l d z k i m i, polega na przeprowadzaniu ścieków wąskimi kanałami o szerokości 1 - 1,2 m, o głębokości 1 - 1,50 m, z prędkością 0,5 m/sek. Kanały biegną wijąco zmieniając kierunek przepływu o 180° /rys. 423/. Dla przepędzania ścieków służą koła łopatkowe o średnicy 3,0 m, których zadaniem jest jednocześnie wbijanie do wody powietrza. Obracają się one z prędkością 15 obrotów/minutę. Pierwszy i ostatni zakręt kanału są połączone tworząc obwód, którym mogą recyrkulować ścieki. Ma to tę dużą zaletę, że dopływające ścieki są rozciągane ściekami już podczyszczonymi z dużą zawartością tlenu. Odpływ ścieków oczyszczonych równy jest zawsze ilości dopływu ścieków świeżych. Ponieważ nawietrzenie odbywa się przez powierzchnię i ilość wbijanego przez łopatki powietrza jest naogół niewielka, należy stosować odpowiednio długi czas przepływu. Wynosi on w wypadku przeciętnego składu ścieków 15-17 godzin. Z a p o t r z e b o w a n i e m o c y na 1000 m³/dobę ścieków wynosi 6-12 Kw. Dużą zaletą powyższego sposobu jest prostota w urządzeniu i obsłudze; wada zajęcie dużej powierzchni, do 10-krotnie więcej niż zbiorniki napowietrzane.

Podobnie do Hawortha wygląda k o n s t r u k c j a H a r t l e y a /rys. 424/. Ścieki prowadzone są idącymi wężowato wąskimi kanałami, przy czym ruch ich wywołany jest ukośnie ustawionymi kołami

łopatkowymi /rys. 425/, umieszczonymi na zakrętach kanałów. Ukośnie ustawione płaszczyzny łopatek nadają ściekom ruch śrubowy, dzięki któremu na powierzchnię dostają się ciągle nowe cząstki wody. Powiększają ten ruch wirowy ustawione ukośnie w kanałach płyty.

W celu wzmocnienia doprowadzenia powietrza do ścieków przy pomocy kół przepędzających, zaprojektował K u s c h umieszczenie na zewnętrznych krańcach ramion czerpaków /rys. 426/. Górna część ich jest dziurkowana w formie sita. Przy obrocie koła czerpaki wypełnione powietrzem wchodzi pod wodę. W czasie drogi pod wodą powietrze wypływa, wzburzając przepływ. Ze względu na złe nawietrzanie sposób ten nie przyjął się.

W systemie E r f u r c k i m zbiornik nawietrzania ma długość 80 m i szerokość 31 m. Jest on podzielony ścianami działkowymi na 6 podwójnych kanałów, których dno składa się z dwóch leżących obok rynien o kształcie półkuli /rys. 427/. Szerokość jednego kanału wynosi 5,0 m. Oczyszczane wstępnie ścieki doprowadza się do obu rynien, przez które przepływają wązowato. Pojemność zbiornika wynosi 1350 m³ dla zatrzymania dopływu 150 litr/sek/6 godzin. Nawietrzenie odbywa się przy pomocy 54 ustawionych w kanały kół łopatkowych. Ich oś obrotu leży tuż nad powierzchnią ścieków równolegle do osi kanałów. Dzięki temu nadawany jest ściekom ruch spiralny. K o ł a składają się z 40 łat drewnianych 2 m długości i 5-6 cm przekroju, umocowanych na jednej osi drewnianej. Dopływ i odpływ wykonane są przy dnie.

S p o s ó b L i n k B e l t a polega na umieszczeniu nad powierzchnią ścieków z boku kanału /rys. 428/ kół łopatkowych o średnicy 0,65 m. Łopatki są nachylone tak, że przy wychodzeniu z wody leżą prawie poziomo. Powoduje to silne rozbijanie powierzchni i ruch wirowy.

który jest wzmocniony przez odpowiednio umieszczone płaszczyzny odchylające oraz ścianki picnowe z otworami. Zbiorniki są wykonywane o głębokości 2,4 - 3,6 m i 3,0 - 3,6 m szerokości. Czas napowietrzania trwa 6 godzin. Zapotrzebowanie mocy wynosi 2,6 - 3,2 kw na 1000 m³/dobę. Odmianą powyższego sposobu jest urządzenie napowietrzające K e s s e n e r a /rys.410/. Przemieszczenie¹ i napowietrzenie osiąga się w nim przy pomocy szczotek, zanurzających się tylko 0,4 cm w ścieki i obracających się z prędkością 70 obrotów/minutę. Sprzyjają ruchowi obrotowemu odpowiednio ukształtowane dno oraz ścianki kierujące, umieszczone pod powierzchnią ścieków. Urządzenia te są stosowniejszymi w małych oczyszczalniach. Wadą obu ostatnich sposobów jest to, że rozbijano zostają grubsze kłaczki, co powoduje trudniejsze osiadanianie oraz większą zawartość wody w osadzie. Dużą zaletą jest niewielkie zapotrzebowanie mocy.

Zupełnie odmiennie przeprowadzone jest mieszanie i nawietrzanie ścieków w sposobie S i m p l e x /Bolton/. Zbiornik wykonany jest o kształcie lejowym /rys.430/ z umieszczoną w środku rurą zapetrzoną w wirnik. Wirnik znajdujący się w górnym końcu rury tuż pod powierzchnią ścieków, w czasie ruchu wciąga zamieszanie z osadem ścieki otworami u spodu rury z dna i wyrzuca w powietrze. Obraca się on z prędkością 30-40 obr/min. W ten sposób szybko opadający osad ciągle jest wynoszony na powierzchnię. Wyrzucone w górę ścieki spadają rozkroplone na powierzchnię. Rura wyciągająca obraca się wraz z wirnikiem, wywołując powolny ruch obrotowy ścieków w studni. Zawartość studni jest w ten sposób przepompowywana co każde 30 minut. Czas przepływu zależy od stężenia ścieków trwa od 6 - 15 godzin. Wlot i wylot umieszczony jest po przeciwnej stronie zbiornika. W większych oczyszczalniach

można umieszczać szereg jednostek w jednym zbiorniku. W wypadku niewielu jednostek, stosuje się oddzielnie studnie tak urządzone, by je można było niezależnie opróżniać w razie konieczności oczyszczenia. W o o d s t o c k zapotrzebowanie mocy przy 4-godzinnym czasie napowietrzenia wynosi 2,5 kw na 1000 m³/dobę ścieków, w G e n e v a przy czasie zatrzymania 8,6 godzin 3,5 kw.

Mieszacz powietrzny K r e m e r a oparty jest na zasadzie pompy mammut. Przez doprowadzenie powietrza sprężonego do otwartej rury uzyskuje się mieszanie ścieków z powietrzem, o ciężarze gatunkowym lżejszym od ścieków, co powoduje stały ruch ścieków z dołu ku górze. Powstaje pionowy ruch wirowy połączony z napowietrzaniem ścieków. Dla zaoszczędzenia energii powietrze sprężone wprowadza się na głębokość 0,84 m pod powierzchnię ścieków /rys.431/. Długość rury ssącej wynosi 3,25 m. Dla uzyskania tego niewielkiego nadciśnienia wystarcza zwykły nawietrznik połączony bezpośrednio z silnikiem. Dalszą zaletą jest brak wszelkich części ruchomych i opieki nad nimi. W wypadku dużych zbiorników umieszcza się mieszacze powietrzno w sposób podany na rysunku 432 przy ścianach podłużnych. Wywołują one wraz z odpowiednio umieszczonymi płaszczyznami odchylającymi śrubowy przepływ ścieków.

W celu obniżenia wysokich kosztów ruchu, wywołanych dużymi kosztami sprężonego powietrza obmyślono sposoby mieszane: nawietrzanie powietrzem tłoczonym i równoczesne mieszanie urządzeniami mechanicznymi.

K o n s t r u k c j a I m h o f f a /rys.433/ polega na przeprowadzeniu ścieków przez podłużne zbiorniki o szerokości i głębokości 3 m, w których osi pod wodą znajdują się mieszadła, poruszające się z prędkością 0,7 m/sek. Przez płytki filtrujące, umieszczone w dnie przy

jednej ze ścian wdmuchuje się tylko tyle powietrza, by były zapewnione warunki tlenowe. Kierunek obrotu mieszadeł jest odwrotny do kierunku wznoszenia się pęcherzyków powietrza dla utrzymania ich możliwie długo w wodzie. Stosunek ilości powietrza do ścieków wynosi 1:1. Zużycie energii na tłoczenie powietrza i poruszanie mieszadeł jest mniejsze niż w sposobach poprzednio opisanych. Czas przepływu ścieków średnio stężonych wynosi 6 godzin, mało stężonych 3-4 godzin. Sposób ten nadaje się raczej do ścieków mało stężonych. W wypadku silnie stężonych ścieków ilość powietrza, którą należy doprowadzić ze względu na zapotrzebowanie tlenu, wystaroza sama dla uzyskania ruchu wirowego ścieków i osadów.

Konstrukcją podobną do I m h o f f a jest nawietrzacz D o r r a /rys. 434/. Powietrze doprowadzone jest do płytek, umieszczonych pośrodku dna. Dwa mieszadła o szybkości obrotu 3,2 na minutę i odwrotnym kierunku ruchu do wypływu pęcherzyków powietrza, wywołują ruch wirowy i utrzymują dłużej w wodzie powietrze. Zapotrzebowanie mocy w czterech tego typu zbiornikach, nawietrzających w A m e r y c e wynosi 2,9 - 3,4 kw na 1000 m³/dobę. I m h o f f podaje dla swojej konstrukcji 1,2 litra powietrza na 1 litr ścieków oraz zapotrzebowanie mocy wynoszące tylko 1,6 kw na 1000 m³/dobę.

Również K e s s e n e r w wypadku stężonych ścieków uzupełnia napowietrzanie przy pomocy mieszadła umieszczonego w wodzie /rys. 435/. Mieszadło ma głównie za zadanie nie dopuszczenie do osadzania się mułu. Obraca się w kierunku przeciwnym obrotowi walcowej szczotki. Szczotki obracają się z prędkością 60 obrotów/minutę. Moc silników uruchamiających wynosi 1,5 kw. Szczotki zanurzają się w ścieki na głębokość 5 cm. Mieszadło podwodne robi 5-6 obr/min i poruszane jest silni-

kiem o mocy 3,7 - 4,4 kw.

Duży stopień sklarowania oraz zmniejszenia tlenu biochemicznego uzyskuje się przy użyciu osadu czynnego już po krótkim czasie nawietrzania. Stopień oczyszczenia przedstawia ją krzywe uwidocznione na rys. 436. Były więc próby o zęściowego oczyszczenia osadem czynnym, idące w dwóch kierunkach: uaktywnienie osadu przy skróconym czasie nawietrzania wraz z uaktywnieniem przeciążonego osadu w specjalnych pomieszczeniach i pełne biologiczne oczyszczenie osadem czynnym połowy ścieków. Odpływ w tym ostatnim wypadku jest mieszany z drugą połową nieoczyszczonych ścieków. Według badań przeprowadzonych można w ten sposób obniżyć zapotrzebowanie tlenu biochemicznego o 65%.

W wypadku oczyszczania biologicznego należy odróżnić dwie główne fazy jego przebiegu. W pierwszej następuje oczyszczenie i pozbowienie właściwości gnilnych ścieków przez skłaczkanie organicznych koloïdów, zniszczenie i rozłożenie łatwo utleniających ciał, jak również sfermentowanie i rozkład łatwo poddających się temu organicznych związków. W drugiej powstaje wolno przebiegająca asymilacja wolno rozkładających się nierozpuszczonych domieszek.

Z pierwszą fazą zakończy się właściwe oczyszczenie. Następny odcinek obejmuje nitryfikację i reaktywizację osadu. Jeśli przerwie się w tej chwili proces aktywizacji osadu, odpada konieczna dla dobrego jego działania nitryfikacja i reaktywizacja. Z tych względów sposób osadu czynnego ze skróconym czasem nawietrzania ma tę wadę, że wkrótce otrzymuje się silnie przeciążony osad, tracący szybko swoje właściwości adsorbcyjne. Powstaje konieczność przewietrzania takiego osadu przez czas dłuższy w osobnych zbiornikach, ponownego uaktywnie-

nia, aby przeprowadzić nitryfikację i reaktywizację. Przy takim ponownym ożywieniu przeciążonego osadu w osobnych zbiornikach brak jest dużej ilości wody, która rozpuszcza tlen i czyni go dostępnym dla organizmów. Skutek tego jest taki, że ponowne ożywienie wymaga dłuższego czasu. Stąd powstaje niedogodność, że ponowne ożywienie osadu wymaga dużych ilości powietrza i przestrzeni tak, że przeważnie koszty budowy i ruchu równają się kosztom pełnego oczyszczania biologicznego.

W innym sposobie oczyszczania częściowo^{go} poddaje się pełnemu biologicznemu oczyszczeniu połowę ścieków. Pozostała nieoczyszczona część ścieków mieszana jest z biologicznie oczyszczonym odpływem. W części ścieków nieoczyszczonych pozostają łatwo zagniwalne, nieulegające osadzaniu zawieszone ciała, które przeważnie szybko kląskowacieją i wówczas łatwo tworzą osady, oraz większa część rozpuszczonych ciał organicznych. Obciążają one bardzo odbiornik.

Z powyższych względów sposoby powyższe stosowane są rzadko samodzielnie. Łączy się je z innymi dla przeprowadzenia oczyszczania stopniowanego.

W wypadku stężonych ścieków można uzyskać zmniejszenie rozmiarów urządzeń jeśli zastosuje się dwustopniowe oczyszczenie osadem czynnym. Główna część procesu oczyszczania zachodzi w pierwszym okresie działania osadu. Jeżeli przerwie się w punkcie załamania krzywej proces oczyszczania i nawietrzy się ścieki w drugim zbiorniku, tworzy się z pozostających w ściekach resztek zanieczyszczeń dalszy osad czynny. Każdy stopień musi posiadać niezależny osadnik wtórny, tak że osad powrotny krąży niezależnie w każdym stopniu. Osad czynny w pierwszym stopniu jest przeciążony. Przy czasie nawie-

trzenia 1 - 1½ godz. nie może nastąpić regeneracja. Odświeżenie osadu następuje przez doprowadzenie nadmiernego osadu ze stopnia drugiego, który posiada dużo niewykorzystanych właściwości biologicznych i adsorpcyjnych. Nadmiar przeciążonego osadu ze stopnia pierwszego jest usuwany do komór gnilnych. Do pierwszego stopnia doprowadza się więcej powietrza niż do drugiego. Osadnik wtórny pierwszego stopnia zaopatrywany jest w niezależny odpływ na częściowo oczyszczane ścieki, aby w razie potrzeby można było zmniejszać obciążenie drugiego stopnia. Można się w ten sposób dostosowywać bardziej do zmiennych potrzeb stopnia oczyszczania.

Stopniowe oczyszczanie przeprowadzane jest również w ten sposób, że pierwszy stopień częściowego oczyszczenia uzyskuje się sposobem osadu czynnego, uzupełnienie do pełnego oczyszczenia biologicznego przez włączenie dalsze odpowiednio: złoż zraszanych, filtrów szybkobieżnych, chemicznego strącenia, pól nawodnianych.

Oczyszczalnia osadem czynnym wymaga stałej umiejętniej obsługi. Przy uruchomianiu urządzeń wytwarza się samoczynnie osad czynny w ciągu 2-4 tygodni w czasie których doprowadzana być powinna możliwie duża ilość powietrza. Po tym czasie urządzenie staje się dojrzłym. W czasie dojrzewania tworzy się zwykle na powierzchni piana. Jeżeli pojawia się ona w późniejszej pracy jest to oznaką, że w zbiorniku nawietrzanym znajduje się zbyt mała ilość osadu powrotnego. Najlepiej dojrzewanie przeprowadzić w ten sposób, że początkowo przeprowadza się małe ilości ścieków przez czas dłuższy przez zbiorniki nawietrzania. Z wzrastającą ilością osadu czynnego stopniowo powiększa się ilość przepływu. Skrócenie czasu dojrzewania można osiągnąć przez dodanie soli żelaza w postaci roztworu chlor-

ku żelaza FeCl_3 , wytrącających wodorotlenek żelaza, który przyspiesza wytrącenie koloidów oraz działa jak roznosiciel rozwijających się bakterii i pierwotniaków. Ilość dodawanego chlorku żelaza nie powinna przekraczać 1 mg/l. Jeżeli w czasie dojrzewania zachodzi zjawisko obniżenia się wartości pH, można ją przywrócić przez dodanie niewielkich ilości wapna.

I l o ś ć o s a d u p o w r o t n e g o, dodawanego do ścieków przed ich wpłynięciem do zbiorników nawietrzenia, zależy w podobnym stopniu, jak ilość powietrza od stopnia stężenia ścieków. Im są ścieki mniej stężone w tym większym stopniu można ograniczyć ilość osadu powrotnego. W wypadku ścieków rzadkich wystarcza 8% czynnego osadu lub 0,15% suchej materii i 16% wpompowanego osadu powrotnego w stosunku do ilości ścieków. Ze względu na to, że przy przepompowywaniu osadu czynnego nie dopuszcza się do jego osadzania, tylko w możliwie świeżym stanie doprowadza spowrotem do zbiorników nawietrzenia, zawiera on nadmiar wody. Przepompowywane ilości będą około dwukrotnie większe niż przyjęte normy % zawartości osadu czynnego w zbiornikach nawietrzenia. W wypadku gęstych ścieków korzystniej jest podwyższyć ilość silnie rozcieńczonego osadu powrotnego. Wpompowywanie dużych ilości wody do zbiorników nawietrzenia wpływa w bardzo nieznacznym stopniu na podniesienie kosztów z uwagi na bardzo niewielkie wysokości podnoszenia. Nie ma potrzeby również powiększania zbiorników nawietrzenia, gdyż pompowany powrotny osad składa się w 99% z całkowicie oczyszczonej nasyconej tlenem wody.

Ilość czynnego osadu w zbiornikach nawietrzenia oznaczana jest w % objętości. Dla jego określenia poddaje się próbkę ścieków osadzaniu w naczyniu szklanym w przeciągu 30 minut. Zawartością osadu

nazywamy objętość w % jaką zajmuje w naczyniu. W odpływie ze zbiorników nawietrzanych zawartość osadu wynosi przeciętnie według I m o f f a 12%. Im większą jego ilość zawiera odpływ, tym oczyszczanie jest lepsze, jednak bardzo wówczas rośnie ilość niezbędnego powietrza.

Dokładniejsze określenie można wykonać na podstawie zawartości suchej materii. Według danych niemieckich ilość osadu czynnego w zbiornikach nawietrzanych powinna wynosić 0,2 - 0,25% suchej substancji; według danych angielskich wahania są znaczniejsze 0,1 - 0,7%; według danych amerykańskich w zbiornikach nawietrzanych tłoczonym powietrzem 0,15 - 0,20%, w zbiornikach nawietrzanych mechanicznie 0,1%. Obliczenie wagowej zawartości przeprowadzić można przyjmując zawartość 98,5% wody w osadzie, względnie 1,5% części stałych. Przyjmując za miarodajne wskazania amerykańskie S t e o l a otrzymujemy

$$\frac{1,5 \times 13,50}{100} = 0,20\% \text{ wagi względnie } 2000 \text{ mg/l suchej pozostałości.}$$

Dla scharakteryzowania osadu wprowadzony został współczynnik gęstości osadu. Oznacza on objętość w cm^3 zajmowaną przez 1 gr osadu, osadzającego się w ciągu 30 minut lub też w odniesieniu do pobieranej próbki ze zbiornika nawietrzania określony z: stosunku:

procentowej objętości zawartości osadu $\text{m}^3/100 \text{ m}^3$ do

procentowej wagowej zawartości suchej pozostałości $\text{g}/100 \text{ cm}^3$

Współczynnik gęstości osadu o zawartości 98,5% wody, zaś 1,5% suchej substancji wynosi $\frac{100}{1,5} = 67 \text{ cm}^3/\text{g}$. Normalny osad wykazuje gęstość 55 - 150. Gdy współczynnik wzrasta jest to wskazówka, że powstaje niepożądany objaw pęcznienia osadu. Współczynnik powyżej 200 wskazuje na tworzenie się spęcznialego bardzo trudno osadzającego się osadu. Jest to chorobliwy objaw osadu czynnego, do którego nie powinno się dopuszczać.

Osad czynny objawia szczególnie w wypadku przeciążenia i niedowietrzenia oraz przy nagłym dopływie dużych ilości silnie organicznie zanieczyszczonych ścieków, szczególnie trujących ścieków przemysłowych /sól miedzi, kwasy, fenole, oleje mineralne/, tę nieprzyjemną właściwość p e c z n i e n i a. Zjawisko to występuje częściej w małych zakładach. Objętość osadu rośnie nagle silnie bez powiększania się ilości suchej zawartości w osadzie. Jednocześnie zdolność oczyszczania osadu czynnego bardzo znacznie spada. W okresie wiosny i jesieni wykazują oczyszczalnie osadem czynnym na krótki okres czasu zmniejszenie sprawności. Przypisać to należy pewnym zmianom wegetacyjnym organizmów powodujących działanie oczyszczające, zwłaszcza, że z tą zmianą łączy się zmiana zabarwienia osadu czynnego. Osad spęczniały zajmuje w wodzie większą objętość, osadza się trudno i wreszcie odpływa w dużych ilościach z osadnika wtórnego zanieczyszczając odbiornik. Normalnie osad czynny zawiera 98,5% wody. Osad o zawartości wyższej niż 99% jest osadem spęczniałym, zawartość w takim osadzie wody może dojść do 99,75%.

Zwalczenie tego chorobliwego stanu jest trudno. Konieczną jest więc stała obserwacja jakości osadu i umiejętne obsługa oczyszczalni, by nie mógł powstawać stan chorobliwy. Jako środki dla jego zwalczania poleca się: 1. doprowadzanie mniejszej ilości osadu powrotnego i natychmiastowe usunięcie nadmiaru osadu, 2. powiększenie dopływu powietrza, 3. jeśli nie jest możliwym zwiększenie dopływu powietrza, zmniejszenie obciążenia, przez wprowadzenie tylko części ścieków na oczyszczalnię biologiczną, resztę z jej pominięciem do odbiornika. Choć powstaje czasowe jego obciążenie unika się w ten sposób długotrwałej przerwy w ruchu oczyszczalni; 4. pomocnym może się okazać chlorowanie,

jeśli powoduje osadzanie się mułu.

Wielkim szkodnikiem osadu czynnego są larwy komara - chironomus. W niektórych oczyszczalniach szczególnie w okresach ciepłych roku, w miesiącach sierpniu i wrześniu zachodzi łatwo tworzenie się chironomidów. Komary składają na granicy wody i powietrza liczne spiralnie ułożone jajeczka, z których mogą się w spokojnych miejscach zbiornika rozwijać larwy. Pojawiają się one wówczas nagle, często w dużej ilości tak, że w przeciągu krótkiego czasu niszczą główną część osadu czynnego. Osadzają się na kłaczkach mułu i używają go jako łożysko odżywczy. Osad taki, składający się głównie z larw chironomusa jest dla celów oczyszczania bezwartościowym, gdyż nie posiada on żadnych właściwości adsorpcyjnych.

Najlepszymi sposobami dla usunięcia chironomidów okazały się sito płukano, włączane pomiędzy pompę osadu powrotnego i dopływ do zbiornika napowietrzania. Sito zatrzymuje z osadu powrotnego larwy chironomusa, które następnie wprowadza się do komory gnilnej ze świeżym osadem i przegniwa. Polecają również ostatnio dodawanie jakiegoś trującego środka na robaki np. proszku na robaki. Proszek taki rozsiewa się w określonych odważonych ilościach na powierzchni wody. Przy użyciu 2,5 mg/litr proszku następuje w ciągu 4-6 godzin silne sparalizowanie larw chironomusa tak, że stają się one całkowicie niezdolne do życia i obumierają.

Po skończonym przewietrzaniu powinien być osad czynny możliwie szybko i całkowicie oddzielony od ścieków, aby mógł być zaraz doprowadzony w obiegu kołowym do nowonapływających do oczyszczenia ścieków. Ponieważ jest to osad kłaczkowaty odpowiedniejszymi dla jego wytrącenia są głębokie osadniki o kierunku ruchu wstępującym,

gdyż ścieki w pewnym stopniu filtrują poprzez tworzący się przy opadaniu kłaczków filtr, zatrzymujący również najdrobniejsze zawiesiny. Prędkość wstępująca oraz obciążenie powierzchniowe wynosić powinna 1,5 - 3 m/godz. Czas przepływu oblicza się na 1,5 - 2 godz. W wypadku większych zakładów budowa dużej ilości lejów jest często zbyt uciążliwą. Stosuje się wówczas płaskie osadniki ze zgarniaczami, co jednocześnie przeciwdziała zagniwaniu osadu w leju. Zbiorniki dają się nieco głębsze niż zazwyczaj i o średnicy niezbyt dużej. Liczy się w takich osadnikach na przepływ 2-3 godzinny.

Zbierający się osad pobierany jest z osadnika przewodami odprowadzającymi osad przy pomocy pomp i doprowadzany bezpośrednio do zbiornika nawietrzania lub też do specjalnej studni, w której umieszczone są przesuwane przelewy, którymi odpowiednio odpływa osad do zbiornika nawietrzania oraz do komory gnilnej. Zamiast w przelewy można zaopatrzyć studnię w przewody zamykane zasuwami. Kanały powrotnego osadu, w których prędkość jest mniejsza niż 0,3 m/sok zaopatrują się w dnie w płytki dyfundujące powietrze w celu zapobieżenia osadzaniu się mułu. Do przepompowywania osadu stosuje się pompy wirnikowe o małej ilości obrotów. Przy zastosowaniu szybkoobrotowych pomp zachodzi niebezpieczeństwo rozbijania osadu, przy czym jego działanie bardzo słabnie. Osad podnoszony jest na wysokość poziomu ścieków, dopływających do zbiorników nawietrzania i doprowadzany do ścieków przed ich wejściem do zbiornika lub też na wlocie do niego. Ponieważ osad bardzo łatwo zgniwa należy starać się przewody doprowadzające wykonywać jak najkrótsze.

Przy obliczaniu wielkości osadników wtórnych należy uwzględnić ilość osadu powrotnego, gdyż skraca on czas skłero-

wywania oczyszczonych ścieków. Ponieważ osad powrotny znajduje się na dopływie do osadnika, na odpływie go niema, gdyż w międzyczasie pobrany jest on przez przewód czerpiący osad, uwzględnia się go przy obliczaniu objętości osadników przez doliczenie tylko połowy do ilości ścieków.

Ponieważ w czasie oczyszczania rozpuszczone w ściekach zanieczyszczenia zostają z nich wytrącone w postaci osadu, jego ilość stale rośnie. Część osadu powstającego w osadnikach musi być stale usuwana z kołowego obiegu. Ta część osadu nosi miano osadu nadmiernego.

Ilość osadu nadmiernego zależy od właściwości ścieków. W wypadku przeciętnego składu ścieków /odpływ 150 litr/m/dobę/ ilość jego wynosi 2,07 litra/m/dobę, mierzona po półgodzinnym czasie osiadania. Pompowana ilość nadmiernego osadu wynosi $\frac{4,43}{150} = 3\%$ /Zestawienie 15/ dobowego przepływu ścieków. W wypadku rozcieńczonych ścieków stanowi pompowany nadmierny osad mniejszy procent przepływu

ścieków. Osad ożywiony pozostaje i pracuje w oczyszczalni najdłużej 3-4 dni. Jego ilość można obliczyć z wielkości zbiorników nawietrzania i osadników wtórnych. Gdy np. czas przepływu wynosi 6 godzin w zbiorniku nawietrzania oraz 2 godziny w osadniku wtórnym i pompowany osad powrotny stanowi 24% przepływu, ilość osadu czynnego wynosi $\frac{8}{24} = \frac{24}{100} = 8\%$ dziennego przepływu ścieków. Ponieważ dziennie usuwana ilość osadu nadmiernego wynosi 3% przepływu ścieków, czas pozostawiania osadu w oczyszczalni wyniesie $\frac{8}{3} = 2,7$ dni.

Osad zawiera w suchej pozostałości 33% mineralnych składników i posiada zawartość 5% azotu oraz 4% kwasu fosforowego. Duża wartość w nim bakterii nitryfikacyjnych podwyższa jego wartość nawozową. Jednak postępowanie ze świeżym osadem nadmiernym jest związane

z powstawaniem bardzo przykrych woni. Z tego względu uniemożliwione jest jego bezpośrednio zastosowanie jako nawozu na polach. W niektórych oczyszczalniach jest on suszony na filtrach próżniowych częstokroć przy dodawaniu chemikalii dla lepszego oddawania wody, zaś pozostające ciasto suszone na ogrzewanych bębnach. Wyszuszony osad sprzedawany jest jako środek nawozowy.

Coraz częściej obecnie osad przegniwa się w komorach gnilnych. Nadmiar osadu doprowadza się do dopływu ścieków na mechaniczną część oczyszczalni, gdzie miesza się on z wytrącającym się świeżym osadem w osadniku i stąd przechodzi do komory gnilnej. Ilość nadmiernego osadu wynosi 4,43 l/m/dobę o zawartości 99,3% wody, zaś ilość osadu zmieszanego pompowana z osadnika wstępnego 1,87 l/m/dobę przy zawartości wody 95,5%. Ilość wytwarzającego się gazu przez dodanie nadmiernego osadu podnosi się znacznie - 1,5 do 2-krotnie. Przegniły osad zawiera więcej wody niż bez dodatku nadmiernego osadu. Zawartość jej wzrasta z 87% do 93%, sucha pozostałość z 34 do 55 g/m/dobę, zaś ilość przegniłego nieodwodnionego osadu z 0,26 do 0,79 l/m/dobę, t.j. trzykrotnie. Z tych względów komory gnilne oraz poletka dla oczekiwania osadu muszą być trzykrotnie powiększone.

Urządzenia mechaniczne niezbędne dla ruchu oczyszczalni osadem czynnym składają się z pompy do przetłaczania osadu, dmuchawy dostarczającej powietrze oraz silników poruszających mieszadła. Przeciętnie można liczyć, że zainstalowana moc wyniesie 0,8 kw na 1000 mieszkańców; w wypadku ścieków mało stężonych 1,5 Kw. Ścisłych danych brak, gdyż istnieją w czynnych zakładach duże różnice. W odniesieniu do ścieków średnio liczyć należy instalowaną moc w wysokości 3,7 Kw na 1000 m³/dobę.

Gdy uruchomi się zbiorniki nawietrzane praca nie może być przerywaną. Nawietrzanie trwać musi nieprzerwanie w dzień i w nocy.

W czasie pracy muszą być stale przeprowadzane badania dotyczące:

1. Ilości ścieków, osadu powrotnego i nadmiaru osadu; 2. Osiadania osadu w ściekach ze zbiorników nawietrzanych z prób branych na jego wlocie i wylocie; 3. Określenia ilości zawiesin w ściekach ze zbiorników nawietrzanych, osadzie powrotnym i odpływie; 4. Zawartości tlenu w zbiorniku nawietrzania; 5. Tłenu biochemicznego w odpływie; 6. Wysokość osadu w osadniku wtórnym.

Główną zaletą sposobu osadu czynnego jest wysoki stopień oczyszczania. O c z y s z c z e n i e rozciąga się nie tylko na pozostające po oczyszczeniu wstępnym nierozpuszczone koloidy, ale również i domieszki rozpuszczone. Przede wszystkim usunięto zostają pozostałe po oczyszczeniu wstępnym ulegające osadzaniu, jak również nie ulegające osadzaniu zawiesiny i wywołujące szare zamącenie ścieków koloidy w tak dużym stopniu, że oczyszczony odpływ jest całkowicie klarowny i zawiera tylko ślady zawiesin. Są to resztki osadu czynnego, średnio w ilości 5 - 20 mg/l. Wraz z koloidami zostają w większości wypadków wydalone wszystkie koloidalne barwniki, tak że prawie całkowicie usunięte zostaje wywołane nimi zabarwienie. Odpływy posiadają tylko lekkie zabarwienie słomkowe. Zawarte w wodzie przykre zapachy są częściowo bezpośrednio utlenione, częściowo adsorbowane tak, że odpływ jest praktycznie bez zapachu. Posiada on tylko lekko ziemisty zapach, jaki również wykazuje czysta woda rzeki. Urządzenie nie powoduje powstawania plagi much.

Jednocześnie z wytrąceniem nierozpuszczonych domieszek następuje utlenienie domieszek rozpuszczonych. Daje się to odczuć przez silny

spadek utlenialności i biochemicznego tlenu. Spadek wynosi conajmniej 90%. Odpływ jest niezagrywający i wobec silnego nawietrzenia wykazuje przeważnie dużą zawartość tlenu. Powinna ona wynosić 5-9 mg/litr. Można bez obawy odpływ taki wpuścić nawet do najmniejszego odbiornika.

Bardzo ważnym jest działanie na bakterie, szczególnie chorobotwórcze. Według badań spadek wynosi od 55 - 99%. Wobec silnego spadku bakterii, w wypadkach gdzie wymagana jest pełna sterylizacja wystarczy niewielkie dawki chloru. Zamiast normalnie stosowanych ilości 25 - 35 mg/litr dla nieoczyszczonych ścieków wystarczają przeważnie ilości 1-2 mg/litr.

Krótko ujęte zalety i wady oczyszczania osadem czynnym są następujące:

Zalety: Wysoki stopień oczyszczenia ścieków.

Niewielka powierzchnia zajmowana przez urządzenia.

Niezbyt wysokie koszty budowy.

Niewielka strata wysokości, wobec której brak potrzeby pompowania ścieków.

Brak zapachów i plagi much.

Duża zawartość azotu w osadzie.

Wady: Większa ilość osadu niż otrzymywana w innych sposobach.

Trudność bezpośredniego traktowania osadu.

Wysokie koszty ruchu.

Duża ilość urządzeń mechanicznych do utrzymywania.

Konieczność wprawnej obsługi.

Zaniechanie czasowe daje w wyniku chorobliwe objawy, wymagające dłuższego czasu 10 - 21 dni poprawy, powodujące odpływ o złych właściwościach.

Ozułość na wpływy ścieków przemysłowych, głównie domieszek chemicznych bakteriobójczych, które przerywają cykl oczyszczania.

Niezdolność do przeciążeń.

Nawietrzenie lub reaktywizacja osadu powrotnego zanim wprowadzi się go do zbiorników nawietrzania jest niezbędne, gdy niedostatecznym jest nawietrzanie mieszaniny ścieków i osadu powrotnego dla utrzymania właściwej biologicznej aktywności osadu. Zachodzi to w wypadku, gdy stosowany jest dla uzyskania sklarowania tylko krótki czas zatrzymania 1 - 2 godzin. Również jest ona konieczna przy pełnym oczyszczaniu, gdy ścieki nie są poddawane osadzaniu wstępnemu lub gdy oczyszczaniu podlegają bardzo stężone ścieki. Zbiorniki do nawietrzania osadu powrotnego wykonywane są podobnie do zwykłych zbiorników nawietrzania, przy czym czas zatrzymania przyjmuje się 2 - 6 godzin.

Chlorowanie ścieków.

Chlor znajduje duże zastosowanie przy procesach oczyszczania ścieków zarówno surowych, jak i oczyszczonych. Jego zadaniem jest niszczenie bakterii chorobotwórczych, powiększenie zdolności sklarowywania, zwalczanie zapachu ścieków i osadu, niszczenie grzybów, osadu i larw much na złożach zraszanych, zwiększanie gęstości osadu czynnego oraz ochrona wody rzecznej, miejsc kąpielowych oraz wodociągów od niebezpieczeństwa roznoszenia epidemii.

Opis działania chloru i sposobów jego zastosowania podane zostały w części pierwszej Wodociąg, użycie jego w technologii ścieków różni się tylko zastosowaniem odpowiednio większych dawek /rys. 437/.

Dawki chloru dostosowuje się do zadania, jakie ma spełnić. Stosuje się go stale lub tylko w pewnych okresach roku, zależnie

od miejscowych warunków. Ilość chloru zależy w dużym stopniu od składu ścieków, polecane są następujące wielkości dawek.

Zestawienie 23.

| Dawki chloru | mg/litr | Uwagi |
|---|---------|---------------------------|
| Ścieki surowe | 25-30 | |
| Odpyw z osadników | 15-20 | |
| " z złoź zraszanych | 10-15 | |
| " filtrów piaskowych | 6 | |
| Zniszczenie warstwy grzybów na złoźach zraszanych | 50 | Przez okres bardzo krótki |
| Odbarwienie | 4 - 6 | |
| Osad czynny | 1 - 3,5 | |

Pora roku ma wpływ na ilość chloru w ten sposób, że w lecie zwykle należy zużywać więcej chloru niż w zimie. Odbija się tu wpływ temperatury na powstawanie procesów beztlenowych. Na wielkość dawek chloru wpływa również czas jego działania. Doświadczenia uczą, że wystarczającym czasem działania jest około 15 minut. W tym czasie zostaje zabitych co najmniej 99% znajdujących się w ściekach bakterii. Aby być pewnym, że taki jest skutek zastosowania chloru, powinna, po minimalnym czasie działania chloru/15 minutach, istnieć jeszcze jego nadwyżka w ilości 0,3 - 0,5 mg/litrze. Chlor należy więc wprowadzać do ścieków, które zatrzymuje się w specjalnych zbiornikach reakcji o czasie przepływu równym 15-30 minut.

Należy zwrócić uwagę przy dawkowaniu chloru, by przy rozcieńczeniu ścieków wodami odbiornika nie pozostawała zbyt duża koncentracja chloru w wodach wymieszanych, gdyż działa on szkodliwie na rybostan. Według badań przeprowadzonych stężenie powyżej 1 mg/litr powoduje śnię-

cie karpi i przeważnej ilości innych ryb, szczupaków i płotek, podczas gdy raki takie stężenie znoszą jeszcze dobrze.

Działanie odwadniające chloru polega na rozkładzie siarkowodoru z wydzieleniem siarki: $H_2S + Cl_2 = 2HCl + S$. Ze względu na to, że siarkowódz bardzo szkodliwie na beton powyżej zwierciadła ścieków, rozkład siarkowodoru przy pomocy chloru jest skutecznym środkiem chroniącym konstrukcje betonowe od zgryzania.

Oczyszczalnie domowe.

Jako oczyszczalnie ścieków domowych, gdy brak kanalizacji centralnej, stosuje się osadniki gnilne. Aby spełniały one należycie swoje zadanie powinny mieć dostateczną pojemność. Osadniki takie należy zakładać w dostatecznej odległości od domu. Powinna ona wynosić co najmniej 10-15 m. Wykluczone być powinno urządzenie jakichkolwiek zbiorników czy studni osadnikowych w piwnicach wewnątrz domów. Urządzenie powinno być łatwo dostępne i łatwe do obsłużenia. Pojemność osadników dostosować należy do ilości mieszkańców przyłączy - nych. Liczy się, że przy braku centralnego wodociągu zużycie wody jest niższe i nie przekracza 20-30 litr/m/dobę. Pełna pojemność użyteczna osadników powinna wynosić:

| przy liczbie mieszkańców | litr/mieszk. |
|--------------------------|--------------|
| 1 - 10 | 450 |
| 11 - 25 | 375 |
| 26 - 50 | 300 |
| 51 - 75 | 225 |
| 76 - 100 oraz powyżej | 150 |

Najmniejszą pojemność daje się dla komory pierwszej 3 m³, następnych po 1,5 m³.

W wypadku przyłączenia do osadników gnilnych szkół, gospód i t.p. należy liczyć, że stałemu mieszkańcowi przy obliczaniu dopływu ścieków równają się:

| | |
|---------------------------|---------------|
| w szkołach | 10 uczni |
| w gospodach | 3 gości |
| w letnich gospodach | 15 " |
| w zakładach przemysłowych | 3 pracowników |
| w fabrykach | 5 robotników. |

—00000—



NR 2751