

Ustalenie warunków technologicznych pracy podczyszczalni ścieków Palarni Kawy MK-Cafe w Skibnie

*Janusz Dąbrowski, Tomasz Dąbrowski, Barbara Kościelnik,
Józef Malej, Tadeusz Piecuch, Jacek Piekarski,
Grażyna Kościerzyńska–Siekan
Politechnika Koszalińska*

*Dariusz Chanulak – STOLREM – Koszalin,
Henryk Wolski – EKOTECHNIKA – Koszalin*

*Recenzent: Michał Palica
Politechnika Śląska*

1. Wstęp

Od kwietnia 1999 trwają prace badawcze nad ustaleniem warunków quasi optymalnych pracy układu technologicznego podczyszczalni ścieków w Palarni Kawy w Skibnie prowadzone przez Katedrę Technologii Wody, Ścieków i Odpadów Politechniki Koszalińskiej. Zaprojektowany w Katedrze i wybudowany układ jak na schemacie maszynowym rys. 1 [1] został przedstawiony fragmentarycznie na fotografii 1 oraz na fotografii 2 fragment hali podczyszczalni ścieków.

Według technologii ścieki surowe wprowadza się do zbiornika koagulacyjnego – rys. 1 o pojemności roboczej 5m^3 . Zbiornik ten ma zainstalowane wolnoobrotowe mieszkadło z falownikiem. W celu zdekantowania jak największej ilości cieczy nadosadowej zbiornik posiada trzy poziomy przelewowe. Po 24 godzinnym procesie sedymentacji przelew odprowadza się do rząpia, a wylew - na filtr grawitacyjny piaskowy. Następnie ciecz nadosadowa zawracana jest pompą do zbiornika koagulacyjnego, gdzie poddawana jest procesowi napowietrzania. Po procesie napowietrzania i sedymentacji ciecz nadosadowa kierowana jest do procesu filtracji, po czym przechodzi na kolumnę sorpcyjną.

Hala technologiczna o wymiarach $4\times 4\times 4,5$ m jest o konstrukcji stalowej. Dach i ściany wykonane są z płyt PW-8, – rząpia przelewowe z betonu. Koszt inwestycyjny części budowlanej wyniósł 67.000 zł. Prace budowlane

zostały wykonane przez Przedsiębiorstwo STOLREM - Koszalin. Koszt inwestycyjny części maszynowej tj. zbiornik koagulacyjny, kolumna filtracyjna, kolumna sorpcyjna, pompy – wyniósł około 52.000 zł. Urządzenia zostały wykonane przez Przedsiębiorstwo EKOTECHNIKA – Koszalin. Łączny koszt inwestycyjny wyniósł więc 119.000 zł – w cenach za 1-sze półrocze 1999 r.

Celem niniejszej publikacji jest przedstawienie ostatecznych wyników badań przeprowadzonych w tym układzie w Palarni Kawy MK-Cafe w Skibnie.

2. Metodyka badań

2.1. Charakterystyka ścieku surowego

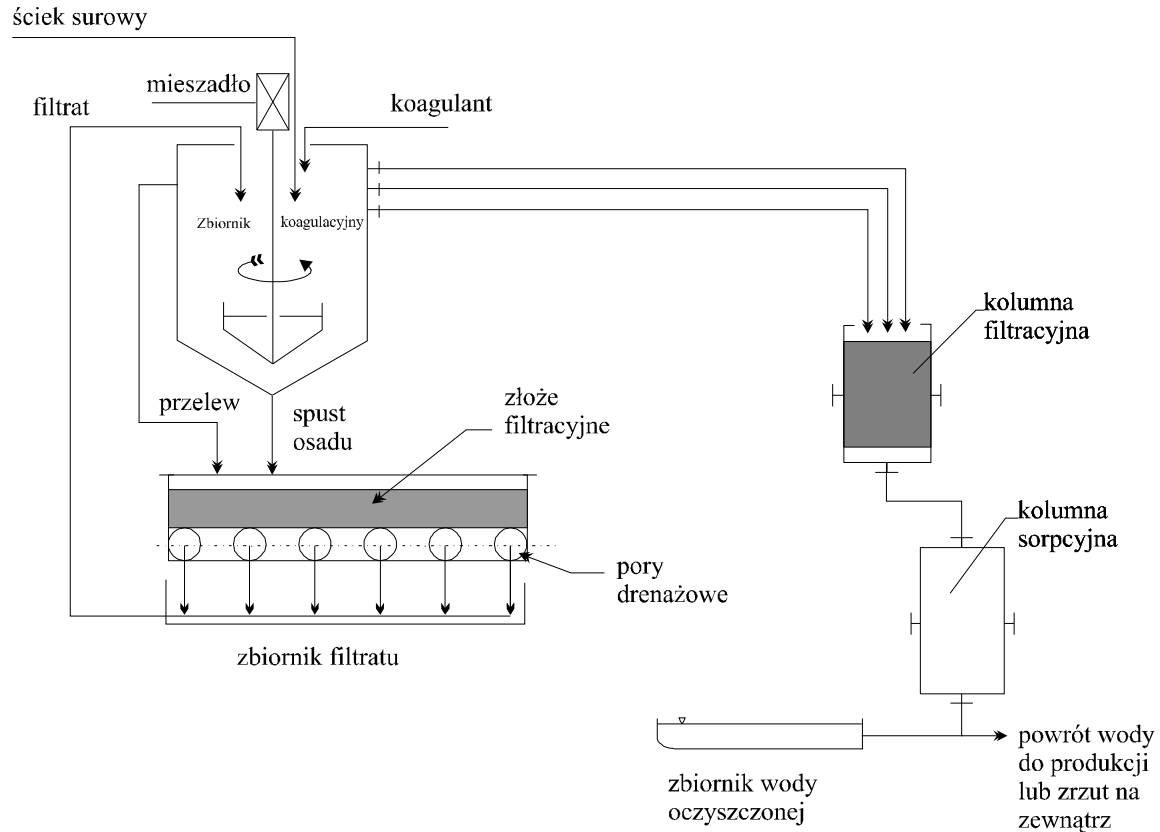
W trakcie wielu badań [1,3] stwierdzono istotną różnicę składu jakościowego ścieków popłucznych. Wynika to z faktu, że w Palarni Kawy w Skibnie są przetwarzane dwa rodzaje kawy: Robusta – o gorszej charakterystyce wskaźników zanieczyszczeń ścieku (większy ładunek zanieczyszczeń), na którym przeprowadzono badania przedstawione w tej publikacji oraz Arabica – o charakterystyce zanieczyszczeń łatwiejszej do oczyszczenia (mniejszy ładunek zanieczyszczeń).

W tabeli 1 przedstawiono wskaźniki zanieczyszczeń ścieku surowego zbliżonego do najgorszego ścieku otrzymywanego w procesie produkcyjnym w Palarni Kawy w Skibnie.



Fot. 1. 1 - zbiornik koagulacyjny, 2 - filtr grawitacyjny żwirowy, 3 - kolumna sorpcyjna, 4 - filtr piaskowy grawitacyjny z drenażem

Phot. 1. 1 – coagulation tank, 2 – gravitational gravel filter, 3 – sorptional column, 4 – gravitational sand filter with drainage



Rys. 1. Schemat technologiczny podczyszczalni ścieków surowych z Palarni kawy MK-Cafe w Skibnie [1]

Fig. 1. Technological diagram of the raw sewage pre-treatment plant in the Coffee Roasting Plant MK-Cafe in Skibno [1]

Tabela 1. Analiza fizykochemiczna ścieków surowych popłucznych z Palarni Kawy MK-Cafe – zakład w Skibnie

Table 1. Physico-chemical analysis of raw post-rinsing sewage from Coffee Roasting Plant MK-Cafe – plant in Skibno

LP.	PARAMETR - OZNACZENIE	JEDNOSTKA	ŚCIEK SUROWY	WARTOŚĆ NORMATYWNA [6]
1.	Odczyn	pH	5,55	6,50÷9,0
2.	Zawiesinie, ogólna, Z_{og}	mg/dm ³	115,15	50
3.	Substancje rozpuszczone, S_R	mg/dm ³	665	2000
4.	Sucha pozostałość S_P	mg/dm ³	780,15	2050
5.	ChZT _{Cr}	mg O ₂ /dm ³	3650	150
6.	BZT ₅	mg O ₂ /dm ³	340	30

Analiza wyników oznaczeń zawartych w tabeli 1 wskazuje na przekroczenie dopuszczalnej normy dla odprowadzania ścieków do zbiorników otwartych i wód gruntowych w odniesieniu do wartości pH, dla wskaźnika zawiesiny ogólnej Z_{og} , dla wskaźnika chemicznego zapotrzebowania tlenu ChZT (oznaczonego metodą dwuchromianową) oraz wskaźnika biologicznego zapotrzebowania tlenu BZT₅.

2.2. Metodyka prowadzenia badań

Podana poniżej metodyka badań (rodzaj i stężenie stosowanych odczynników) jest konsekwencją wielu uprzednich badań procesowych wykonanych w laboratorium Katedry Technologii Wody, Ścieków i Odpadów Politechniki Koszalińskiej. Te badania laboratoryjne – ich opis i analiza są przedmiotem oddzielnej publikacji [3].



Fot. 2. Widok całości budynku hali podczyszczalni ścieków
Phot. 2. View of the whole sewage pre-treatment plant hall

Ściek surowy poprodukcyjny, którego charakterystykę przedstawiono w tabeli 1, poddano w pierwszej fazie procesowi koagulacji w zbiorniku koagulacyjnym 1 – (fot. 1). W tym celu użyto jako koagulanty $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – wodorotlenek wapnia i bentonit. Dawka odczynników była zależna od rodzaju popłuczyn. Dla ścieku o większym ładunku zanieczyszczeń jak w tabeli 1 – $2 \text{ kg Ca}(\text{OH})_2 / \text{m}^3$ ścieków i $0,1 \text{ kg bentonitu} / \text{m}^3$ ścieku, dla ścieku o mniejszym ładunku zanieczyszczeń – $1 \text{ kg Ca}(\text{OH})_2 / \text{m}^3$ ścieków i $0,1 \text{ kg bentonitu} / \text{m}^3$ ścieków. Po 24 godzinnym procesie sedymentacji zdekantowana ciecz nadosadowa poddawana jest procesowi filtracji, a następnie procesowi sorpcji. Kolumna filtracyjna – (2) (fot. 1) o wysokości $0,75 \text{ m}$, wypełniona jest żwirem o frakcji ziarnowej $0,5 \div 1,2 \text{ mm}$. Do procesu sorpcji – (3) (fot. 1) zastosowano węgiel aktywny o symbolu $\text{W}_A 1 \div 4$. Kolumny płukane są wodą technologiczną, co na pewno wpływa na pogorszenie wyników. Osad pokoagulacyjny ze zbiornika wprowadzany jest na filtr grawitacyjny piaskowy (4) (fot. 1) o powierzchni 4 m^2 . Wylew nie został poddany analizie; jest on zawrócony do procesu koagulacji łącznie ze ściekami surowymi (popłuczyny) z produkcji.

W trakcie prowadzenia badań okazało się, że istnieje konieczność korekty wskaźnika pH. Nadmierna wartość wskaźnika pH spowodowana była zastosowaniem wodorotlenku wapnia, który zwiększa strącalność wodorotlenków metali lub innych osadów, jednocześnie podwyższając wartość pH ponad dopuszczalną normę [2].

Problem ten rozwiązano przez napowietrzanie ścieków, gdzie CO₂ jako bezwodnik kwasowy powoduje obniżenia pH. Ścieki napowietrzano przez 8 godzin.

3. Opis i analiza wyników

W tabeli 2 przedstawiono wyniki badań podczyszczania ścieku surowego w kolejnych procesach fizykochemicznych tj. w procesie koagulacji, filtracja i sorpcji – bez napowietrzania.

Analiza wyników badań ścieku podczyszczonego w odniesieniu do ścieków surowych wskazuje na dobry efekt oczyszczania uzyskany w pracującym układzie technologicznym (rys. 1). Warto zauważyć, że wszystkie wskaźniki zanieczyszczeń (oprócz pH) uzyskały wartości normatywne. Na przykład wskaźnik chemicznego zapotrzebowania tlenu ChZT_{Cr}, który dla ścieku surowego wynosił 650 mg O₂/l już po procesie koagulacji obniżył się do 320 mg O₂/l i kolejno w procesie filtracji do 220 mg O₂/l, a podczas sorpcji do 120 mg O₂/l osiągając w ten sposób wartość poniżej normatywnej [6]. Kolejnym wskaźnikiem zanieczyszczeń, który można tutaj podkreślić jest biologiczne zapotrzebowanie tlenu BZT₅. Dla ścieku surowego jego wartość wynosiła 340 mg O₂/l, po procesie koagulacji osiągnęła wynik 200 mg O₂/l, a po przejściu całego układu osiągnięto wartość normatywną 30 mg O₂/l. Jedynym badanym wskaźnikiem nie mieszczącym się w normie była wartość pH.

W tabeli 3 zostały przedstawione wyniki badań podczyszczania ścieków popłucznych w układzie technologicznym Palarni Kawy w Skibnie ale już z zastosowaniem napowietrzania ścieków.

Analiza badań z tabeli 3 pokazuje, że wszystkie wskaźniki zanieczyszczeń osiągnęły wartości normatywne [6]. Wskaźnik pH, który dla ścieku surowego miał wartość 5,18, po procesie koagulacji wzrósł do 12,1 ze względu na zastosowanie Ca(OH)₂ – wodorotlenku jako koagulantu. Napowietrzając ścieki przez okres 8 godzin osiągnięto wartość normatywną 7,9. Pozostałe wartości wskaźników zanieczyszczeń osiągnęły wartości bardzo zbliżone lub identyczne do tych, jakie osiągnięto w układzie bez procesu napowietrzania pozwalające na odprowadzenie ścieków do zbiorników otwartych i wód gruntowych [6].

W trakcie prób procesowych prowadzonych bezpośrednio na wybudowanej instalacji zaobserwowano, że w przypadku dłuższych przerw między kolejnymi próbami, następuje wysychanie filtru piaskowego oraz kolumny sorpcyjnej, co pociąga za sobą zatykanie porów i zmniejszenie przepustowości. Bentonit należy do grupy minerałów ilastych pęczniejących będących uwodnionymi glinokrzemianami zawierającymi sód, wapń i potas – czasami zwanymi potocznie gliną [4]. Na złożu grawitacyjnym piaskowym tworzy się osad pokoagulacyjny zawierający m.in. bentonit, który blokuje przepływ (bentonit wykazuje bardzo silne własności hydrofilne [5]). Powoduje to blokowanie przepływu (kolmatację) kolumny filtracyjnej po dłuższych przerwach między jednym a drugim zrzutem ścieków poprodukcyjnych do układu. Bentonit przy

Tabela 2. Wyniki podczyszczania popłuczyn w procesie koagulacji, filtracji i sorpcji – bez napowietrzania
Table 2. Results of post-rinsing sewage pre-treatment during coagulation, filtration and sorption – without aeration

Lp.	Parametr – oznaczenie	Jednostka	Ściek surowy	Koagulacja Ca(OH) ₂	Filtracja	Sorpcja	Wartość normatywna [6]
1.	pH	bzw.	5,55	12,5	12,3	12,6	6,00÷9,50
2.	Zawiesina ogólna, Zog	mg/dm ³	115,15	150	80	40	50
3.	Substancje rozpuszczone, S _R	mg/dm ³	665	900	700	560	2000
4.	Sucha pozostałość, S _P	mg/dm ³	780,15	1050	780	600	2050
5.	ChZT _{Cr}	mg O ₂ /dm ³	650	320	220	120	150
6.	BZT ₅	mg O ₂ /dm ³	340	200	60	30	30

Tabela 3. Wyniki badań podczyszczania popłuczyn w procesie koagulacji, saturacji, filtracji i sorpcji – z zastosowaniem napowietrzania

Table 3. Results of post-rinsing sewage pre-treatment during coagulation, saturation, filtration and sorption – using aeration

Lp.	Parametr – oznaczenie	Jednostka	Ściek surowy	Koagulacja $\text{Ca}(\text{OH})_2$	Napowietrzanie	Filtracja	Sorpcja	Wartość normatywna [6]
1.	PH	bzw.	5,18	12,10	7,90	7,75	7,95	6,00÷9,50
2.	Zawiesina ogólna, Z_{og}	mg/dm ³	32	88	58	41	33	50
3.	Substancje rozpuszczone, S_R	mg/dm ³	202	2360	1310	536	472	2000
4.	Sucha pozostałość, S_p	mg/dm ³	234	2448	1368	577	505	2050
5.	ChZT C_r	mg O ₂ /dm ³	8340	8140	5980	200	120	150
6.	BZT ₅	mg O ₂ /dm ³	300	180	170	50	15	30

dobrej i prawidłowej pracy układu technologicznego nie może przedostawać się do kolumny sorpcyjnej, lecz są to warunki ruchowe i nie można zupełnie wykluczyć takiej sytuacji np. przy niepożądanym „przebiciu” kolumny filtracyjnej. Bentonit nie tylko powoduje kolmatację warstwy filtracyjnej, ale w przypadku przedostania się do kolumny sorpcyjnej tworzy pokrycia mułowe na sorbencie, a przez to obniża jego chłonność sorpcyjną i skraca czas użytkowania efektywnego węgla aktywnego. Obserwacje poczynione w trakcie prób dają pewne wytyczne dla obsługi. Układ technologiczny będzie lepiej pracował przy dużej częstotliwości nadawania do układu porcji zrzutu ścieków poprodukcyjnych będzie jak największa a przerwy między zrzutami jak najmniejsze, warunkowane jedynie czasem jednego pełnego cyklu pracy układu a nie przerwami w produkcji kawy. Przed każdym kolejnym zrzutem osadu pokoagulacyjnego należy przegrabić filtr grawitacyjny piaskowy (4) (fot. 1), gdyż problem wysychania i kolmatacji jest podobnie uciążliwy jak w kolumnie filtracyjnej (2) (fot. 1), przy czym dostęp obsługi do złoża grawitacyjnego piaskowego jest łatwiejszy.

Odnośny układ pracujący już w Palmi Kawy MK-Cafe w Skibnie będzie przedmiotem dalszych badań optymalizacyjnych prowadzonych przez Katedrę Technologii Wody, Ścieków i Odpadów Politechniki Koszalińskiej w aspekcie obiektu doświadczalnego Katedry; zatem zaprojektowane rozwiązanie nie może być traktowana jako ostateczne i można przyjąć, że będzie jeszcze korygowane, a w ślad za tym będą się ukazywały kolejne opracowania na ten temat.

4. Wnioski

Z przeprowadzonych badań wynikają pewne ogólne wnioski:

- Układ technologiczny do podczyszczania ścieków popłucznych w Spalarni Kawy w Skibnie o najwyższym ładunku zanieczyszczeń konieczne wymaga zastosowania złoża filtracyjnego przed procesem sorpcji,
- Dla zmniejszenie wskaźnika zanieczyszczeń ścieków pH konieczne jest także zastosowanie napowietrzania,
- Nie wolno dopuszczać do wysychania złoża filtracyjnego i złoża sorpcyjnego – musi być zawsze zalane ściekami lub wodą,
- Zastosowanie proponowanego rozwiązania technologicznego dało wyniki normatywne pozwalające na odprowadzenie ścieków do zbiorników otwartych i wód gruntowych w stosunku do wszystkich badanych wskaźników zanieczyszczeń ścieków.

Literatura

1. **Kościelnik B., Malej J., Piecuch T., Piekarski J., Kościerzyńska-Siekan G.:** Badania oraz projekt koncepcyjny technologii podczyszczania ścieków popłucznych z Palarni Kawy. Rocznik Ochrony Środowiska Tom 1. Środkowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska, Koszalin 1999.
2. **Anielak A. M.:** Chemiczne i fizyko-chemiczne oczyszczanie ścieków. PWN, Warszawa 2000
3. **Dąbrowski J., Dąbrowski T., Kościelnik B., Malej J., Piecuch T., Piekarski J., Kościerzyńska-Siekan G.:** Laboratoryjne badania optymalizacyjne podczyszczania ścieków popłucznych w Palarni Kawy w Skibnie. Zeszyty Naukowe Politechniki Koszalińskiej. Seria Inżynieria Środowiska (w druku - 2001).
4. **Kozioł J.:** Sorpcja wybranych metali ciężkich na minerałach ilastych. AGH, praca doktorska, Kraków 1991
5. **Stępkowska G. T.:** Własności fizyko-chemiczne minerałów ilowych. Praca zbiorowa, Problemy fizyko-chemii i dynamiki gruntów. PAN, Wrocław 1973.
6. Dz. U. 91.116.503 Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 listopada 1991 r. W sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi. (Dz. U. z dnia 16 grudnia 1991).

Determining of Technological Conditions of Sewage Pre-treatment from Coffee Roasting Plant in Skibno

Abstract

Research work, done by the Division of Water, Wastewater and Wastes Technology, on determining quasi-optimal conditions of work of technological system of sewage from Coffee Roasting Plant in Skibno pre-treatment has been going on since April 1999. The system designed in the Division and built according to the machine diagram (Fig. 1) [1] is shown fragmentarily on photograph 1 and fragment of sewage pretreatment hall on photograph 2.

According to technology the raw sewage is poured into coagulation tank, Fig. 1, with working volume of 5 m³. This tank has a slow rotary mixer with inverter installed inside. In order to decant as much sedimentation water as possible, the tank has been furnished with three overflow levels. After 24 hours of sedimentation clarified water is poured into a concrete tank, and sludge on gravitational sand filter. Then the clarified water is pumped back to the coagulation tank, where it is aerated. After aeration process the clarified water is directed to the filter and then it goes to the sorptional column.

Technological hall has a steel construction with 4x4x4.5 m of dimensions. Roof and walls are made of PW-8 plates. Investment costs of building part came to 67.000 zł. Building works were made by STOLREM – Koszalin Company.

Investment costs of machine part, that is: coagulation tank, filtration column, sorptional column, pumps came to about 52.000 zł. Devices were made by EKOTECHNIKA – Koszalin Company. So the total investment cost came to 119.000 zł – in prices from first half of 1999.

During many tests essential difference of qualitative composition of post rinsing wastewater was revealed. This results from the fact, that in the Coffee Roasting Plant in Skibno two kinds of coffee are produced: Arabica – with worse characteristics of wastewater contamination indexes (higher contaminants load), which was treated during research presented in this paper, and Robusta – with contamination characteristics easier to remove (lower contaminants load).

Raw wastewater, which characteristics is shown in Table 1, is first treated using coagulation process in coagulation tank 1 (Photo 1). Bentonite and calcium hydroxide $\text{Ca}(\text{OH})_2$ are used as coagulants. Reagents dose depends on the kind of post-rinsing wastewater. For more polluted wastewater dose of reagents is: 2 kg $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{m}^3$ of wastewater and 0.2 kg bentonite/ m^3 of wastewater. For the wastewater with lower contaminants load dose of reagents is: 1 kg $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{m}^3$ of wastewater and 0.2 kg bentonite/ m^3 of wastewater. After 24 hours of sedimentation process decanted sedimentation water is directed to the filtration process, and then sorption process. Filtration column 2 (Photo 1) with 0.75 m of height, is filled with gravel which grains diameter is in the range of 0,5÷1,2 mm. The sorption process 3 (Photo 1) is conducted on the active carbon $\text{W}_A 1\div 4$. Columns are washed with technological water, what for sure has influence on results worsening. Post coagulation sludge from the tank is directed to the gravitation sand filter 4 (Photo 1) with area of 4 m^2 . Outflow was not analysed, it is directed back to the coagulation process along with raw wastewater from production.

During conducting research it turned out, that correction of pH index is necessary. Excessive value of pH index is caused by calcium hydroxide usage, which increases precipitation of metals hydroxides and other sediments increasing pH value at the same time [2].

This problem is solved using wastewater aeration, when CO_2 as a acid anhydride causes decrease of pH value. Wastewater are aerated eight hours.

Conducted research allows to draw certain general conclusions:

- Technological system for post-rinsing sewage pre-treatment in the Coffee Roasting Plant in Skibno with the highest contaminants load requires application of filtration bed before sorption process,
- To reduce sewage pollution index - pH it is necessary to apply aeration,
- The stuff of the wastewater pre-treatment plant cannot let the filtration bed and the sorptional bed dry up – it always has to be flooded with wastewater or water,
- All indexes of raw sewage pollution have reached standard values, allowing to pipe off sewage to open reservoirs and ground waters.