

Florian G. PIECHURSKI

Ewa PODIO

ANALIZA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA WĘGLA AKTYWNEGO
NA NIEKTÓRYCH STACJACH WODOCIĄGOWYCH WOJEWÓDZTW
KATOWICKIEGO I BIELSKIEGO

Streszczenie. Analizą objęto 23 stacje wodociągowe woj. katowickiego i bielskiego, o wydajności powyżej 5000 m³/d uzdatniające wodę dla potrzeb komunalnych. Przy założeniu, że dla poprawy jakości wody uzdatnionej stosować się będzie węgiel aktywny istnieje potrzeba jego zastosowania na 4 stacjach na 3 byłby on wskazany, zaś na 5 nie wyklucza się jego użyciu w przyszłości.

Najniższe koszty produkcji 1 m³ wody osiąga się stosując węgiel aktywny formowany podlegający regeneracji, najwyższe przy użyciu węgla aktywnego pylistego.

1. Wstęp

Rosnące zapotrzebowanie na wodę komunalną oraz stale pogarszająca się ich jakość zmusza do uzdatniania wód powierzchniowych silnie zanieczyszczonych związkami organicznymi. Zanieczyszczenia te dostają się do wód naturalnych ze ściekami komunalnymi, przemysłowymi, są splukiwane z pól, a także mogą być produktami metabolizmu i aktywności mikrobiologicznej. Skład tych zanieczyszczeń jest różny, uwarunkowany głównie ilością związków organicznych pochodzenia przemysłowego. Związki te lub produkty ich biochemicznego rozkładu mogą tworzyć liczne połączenia i często ich identyfikacja w praktyce jest bardzo trudna. Zanieczyszczenia te podczas tradycyjnych metod uzdatniania wody nie są usuwane w stopniu wystarczającym. Część z nich przechodzi do wody w postaci związków refrakcyjnych, drugą część stanowią związki wtórne powstające w czasie chlorowania i ozonowania. Refrakcyjne związki organiczne często wpływają ujemnie na własności organoleptyczne wody (smak, barwę, zapach), działają toksycznie lub rakotwórczo na organizmy żywe [14]. W tej sytuacji uzdatnianie wody metodami konwencjonalnymi staje się niewystarczające, a jedną z metod usunięcia pozostałych zanieczyszczeń organicznych może być adsorpcja na węglach aktywnych.

Przykładowo, węgiel aktywny czyni przydatną do picia wodę uprzednio zawierającą ślady dwutlenku, który podczas dezynfekcji tworzy chlorowopodobne tego związki o odrażającym zapachu. Usuwane są także węglowodany aromatyczne wielopierścieniowe działające rakotwórczo. Stwierdzono, że ist-

nieje możliwość usuwania z wody niektórych związków nieorganicznych, metali ciężkich, jonu fluorkowego, a także adsorpcji wirusów [15].

Znaczne własności adsorpcyjne węgla aktywnych spowodowały, że od dawna zaczęto je stosować za granicą na dużą skalę do usuwania zanieczyszczeń wody głównie tych wpływających na jej własności organoleptyczne. Do niedawna węgiel aktywny stosowano (przeważnie okresowo) zaledwie w 3-4 krajowych przedsiębiorstwach wodociągowych [4].

Postępujące zanieczyszczenie wód powierzchniowych, zwłaszcza na terenach GOP-u i ROW-u, może spowodować poważne trudności w ich uzdatnianiu oraz w zaopatrzeniu woj. katowickiego i bielskiego w wodę. W tej sytuacji dużego znaczenia nabiera doskonalenie technologii uzdatniania wody, optymalizacji metod i urządzeń jak również niedopuszczenie do dalszego wzrostu zanieczyszczeń wód powierzchniowych. W tym celu poddano szczegółowej ocenie jakość wód uzdatnionych dla osiedli komunalnych na stacjach wodociągowych województwa katowickiego i bielskiego o wydajności powyżej 5000 m³/d w okresie minionego 10-lecia. Z otrzymanych danych wynika, że usuwanie z wody szeregu uciążliwych zanieczyszczeń, z których nie wszystkie w analizowanym okresie zostały zidentyfikowane w wodzie uzdatnionej (lecz obecne są w wodzie surowej), wymagać będzie między innymi utleniania lub sorpcji na węglu aktywnym. W tym też celu podjęto próbę określenia stacji wodociągowych, gdzie stosowanie węgla aktywnego wydaje się być konieczne. Dla urealnienia propozycji przeanalizowano stosowane technologie, wydajności, jakość wody uzdatnionej, rodzaje produkowanych węgla aktywnych oraz koszty związane z ich użytkowaniem.

2. Technika stosowania węgla aktywnego w procesach uzdatniania wody

W technologii uzdatniania wody stosuje się węgle aktywne jako pyliste lub granulowane [1,3,13].

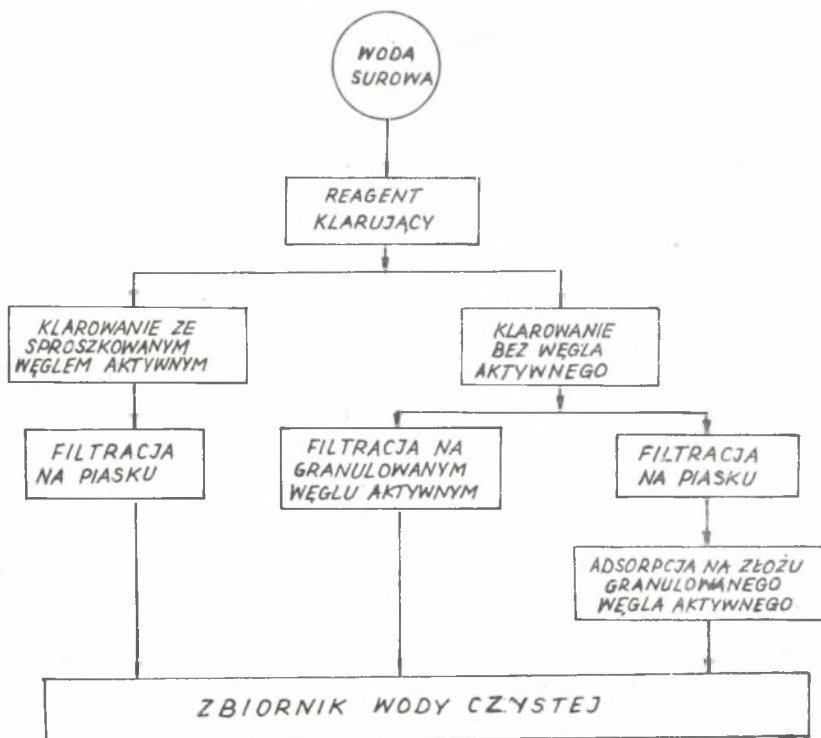
Przy zastosowaniu węgla pylistego jednym z ważniejszych czynników jest dobre zamieszenie węgla, czyli jego hydratacja ułatwiająca dojście absorbowanych cząsteczek do mikroporów i tym samym zapewnienie skuteczności adsorpcji. Stąd też wynika szereg zaleceń odnośnie do przygotowania węgla aktywnego jako pulpy i następnie rozcieńczenie wodą względnie przygotowanie już mieszanki węgla i wody o stężeniu wymaganym w rozwiązaniu technologicznym.

Miejsce dawkowania węgla pylistego może być różne w zależności od prowadzonego procesu technologicznego. Nie powinien on być dawkomany bezpośrednio przed filtracją, gdyż stwarza szybkie możliwości wzrostu oporu złoża, skracanie cykli filtracyjnych i możliwości przebięcia przez złożo oraz przejście do zbiorników wody czystej i dalej do sieci wodociągowej [7]. Węgiel pylisty najkorzystniej jest dawkować przed urządzeniami do koagu-

lacji i sedymentacji. W tych procesach uzyskuje się zawsze pewność, jego oddzielenia od wody.

Kłopoty przy stosowaniu węgla pylistego stwarza problem usuwania zawiesiny węglowej, dlatego też najczęściej proces adsorpcji łączy się z koagulacją objętościową. Innym sposobem usuwania zawiesiny węglowej jest stosowanie polielektrolitów, które znacznie przyspieszają jej sedymentację [2].

Zaletą stosowania węgla pylistego jest możliwość dowolnej zmiany zarówno wielkości dawek, jak i rodzaju adsorbenta. Pozwala to na elastyczne dostosowanie eksploatacji urządzeń uzdatniających do aktualnych potrzeb, również w przypadku wzrostów i zmian zanieczyszczeń. Takich możliwości nie daje węgiel granulowany, który stanowi wypełnienie w filtrach, głównie adsorpcyjnych, o z góry założonych parametrach pracy. Natomiast fakt, że filtry pracują w warunkach przepływu ciągłego, pozwala na wykorzystanie zdolności adsorpcyjnych węgla granulowanego w większym stopniu niż to jest możliwe dla węgla pylistego, stosowanego zwykle w warunkach statycznych. Adsorpcja na filtrze zachodzi w warunkach dynamicznych, w wyniku czego występuje tzw. efekt kolumnowy, który można porównać z serią dawek węgla pylistego stosowanego w sposób ciągły [15].



Rys. 1. Schemat oczyszczania wody z użyciem węgla aktywnego

Mimo że warunki stosowania węgla pylistego i granulowanego znacznie różnią się między sobą, nie należy uważać obu sposobów za rozwiązanie konkurencyjne, lecz wzajemnie uzupełniające się. Oprócz ciągłej pracy kolumn z węglem granulowanym istnieje tendencja do okresowego wprowadzenia węgla pylistych w układ technologiczny stacji uzdatniania wody.

Przykład oczyszczania wody z użyciem węgla aktywnego przedstawia schemat na rys. 1, [7].

Na podstawie dokonanego przeglądu węgla aktywnych [2,8,9,19] można stwierdzić, że różnią się one surowcem wyjściowym, uziarnieniem, metodą, rodzajem i stopniem aktywacji, a więc i strukturą porowatą oraz charakterem powierzchni, czyli własnościami fizykochemicznymi.

3. Węgla aktywne stosowane w procesach uzdatniania wody

Na obecnym etapie wiedzy można łatwo dobrać właściwy gatunek węgla do usuwania poszczególnych zanieczyszczeń wody, natomiast przy różnorodnych zanieczyszczeniach tylko w drodze doświadczenia można określić, który rodzaj węgla aktywnego jest najbardziej przydatny.

W dalszych rozważaniach nad możliwością zastosowania węgla aktywnego niezbędnego na poszczególnych stacjach przyjęto do analizy następujące gatunki węgla aktywnego [2,8,9,19]:

A. Węgiel aktywny pylisty "carbopol" CW2-4 o następujących własnościach fizykochemicznych,

- wymiar pyłu PŁ 0 + 0,12 mm,
- siła odbarwiania MG (liczba miligramowa) 371 + 470 mg,
- stopień adsorpcji LM (liczba metylenowa) 11 ml,
- zawartość wilgoci najwyżej 10%,
- zawartość popiołu 7%,
- wartość pH około 10,
- gęstość nasypowa 390 + 430 kg/m³ (410 kg/m³),
- cena 118 000 zł/1000 kg.

Przyjęto do obliczeń $D_{\min} = 5 \text{ g/m}^3$ i $D_{\max} = 20 \text{ g/m}^3$ [3].

B. Węgiel aktywny granulowany, carbopol CWZ-4, który nie podlega regeneracji o następujących własnościach fizykochemicznych:

- wymiar kaszka Kk 1-3 mm,
- siła odbarwiania MG (liczba miligramowa) 371 + 470 mg,
- stopień adsorpcji LM (liczba metylenowa) 11 ml,
- zawartość wilgoci najwyżej 8%,
- zawartość popiołu najwyżej 7%,
- wartość pH powyżej 8,
- gęstość nasypowa 220-240 kg/m³ (230 kg/m³),
- cena 131 000 zł/1000 kg.

C. Węgiel aktywny formowany, który podlega regeneracji holenderskiej firmy NOR 15 RKO-3

- gęstość nasypowa 410 kg/m³,
- cena 200 000 zł/1000 kg,
- zawartość popiołu najwyżej 6%.

Według informacji uzyskanych w Przedsiębiorstwie Zbytu Produktów Węglowych w Gliwioch Zakład Elektrod Węglowych w Raciborzu jest w stanie zapewnić ciągłość dostawy węgla aktywnych pylistych i granulowanych. Zdolność produkcyjna tego zakładu dla węgla pylistych CW2-3,4,5 wynosi około 2000 t/rok, a dla węgla ziarnistych o różnej granulacji 500-800 t/rok. Natomiast zakład ten obecnie nie produkuje węgla aktywnego formowanego o odpowiedniej wytrzymałości, nadającego się do regeneracji. Tego typu węgiel produkowany jest w Zakładach Suchej Destylacji Drewna w Hajnówce (węgiel typu N).

Regenerację węgla formowanego zarówno produkcji krajowej, jak i zagranicznej prowadzi Zakład w Raciborzu.

4. Analiza pracy stacji uzdatniania wody

Analizą objęto 23 stacje uzdatniania wody (tabl. 1).

Zasilane są one następującymi rodzajami wód:

- | | |
|--------------------|------------|
| - powierzchniowymi | (8 stacji) |
| - podziemnymi | (5 stacji) |
| - kopalnianymi | (4 stacje) |
| - infiltracyjnymi | (2 stacje) |
| - mieszanymi | (4 stacje) |

23 stacje

Z ogólnej ilości stacji wodociągowych w każdym przypadku woda podlega procesowi uzdatniania. W 8 przypadkach stosowana jest koagulacja objętościowa, w jednym powierzchniowa, zaś w pozostałych 14 przypadkach jedynie filtracja (w tym w 3 przypadkach na filtrach powolnych), połączona niekiedy z odżelazianiem i odmanganianiem (w 2 przypadkach). Dezynfekcją końcową przez chlorowanie objęte są wszystkie z uzdatnianych wód za wyjątkiem SUW nr XIII, XVI.

Występujące w wodzie uzdatnionej ponadnormatywne zanieczyszczenia w analizowanych stacjach przedstawiono w tabl. 2. Najczęściej przekraczane dopuszczalne ilości to: barwa na 10 stacjach i mętność koloidalna na 9. Stacje te głównie uzdatniają wodę powierzchniową.

Schematy technologiczne stacji uzdatniania wody woj. katowickiego i bielskiego
o wydajności powyżej 5000 m³/d

| Lp | Nr SUW | Wydajność stacji Q m ³ /d | Rodzaj wody | | | | | | węglane chlorowanie | napowietrzanie | osadnik | Al ₂ (SO ₄) ₃ | Fe SO ₄ | gigtor | wapnowanie | szybkie mieszanie | wolne mieszanie | osadnik | akcelerator | pulsator | filtry pospieszne | filtry pomalne | filtry kontaktowe | dezynfekcja koncowit | amoniakacja |
|----|-----------|---|---------------------|----------------|--------------------|-----------------|-----------|---|------------------------|----------------|---------|---|--------------------|--------|------------|----------------------|--------------------|---------|-------------|----------|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------------|-------------|
| | | | powierz- chniowe | podzie- mne | infiltra- cyjne | kapal- niane | mieszanie | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | |
| 1 | I | 9 000 | | | | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | II | 70 000 | + | | | | | + | | | + | | | | | | | | + | | + | | | + | |
| 3 | III | 81 200 | | + | | | | | + | | | | | | | | | | | + | + | | | + | |
| 4 | IV | 17 000 | | + | | | | | + | + | | | | | | | | | | + | + | | | + | |
| 5 | V | 10 500 | | + | | | | | + | | | | | | | | | | | + | + | | | + | |
| 6 | VI | 492 290 | + | | | | | + | | | + | | | + | + | | | | + | + | + | | | + | |
| 7 | VII | 32 500 | | + | | | | | + | | | | | | | | | | | + | + | | | + | |
| 8 | VIII | 130 000 | + | | | | | | | | | | | | | | | | | + | + | | | + | |
| 9 | IX | 10 000 | | + | | | | | | | | | | | | | | | | + | + | | | + | |
| 10 | X | 195 000 | | | | | | + | | | + | | | | | | | | + | + | | + | | + | |
| 11 | XI | 18 000 | | | | + | | | | | + | | | | | | | | | + | + | | | + | |
| 12 | XII | 12 000 | | | | + | | | | | | + | | | | | | | + | + | | | | + | |
| 13 | XIII | 17 000 | | + | | | | | + | | | | | | | | | | | + | + | | | + | |
| 14 | XIV | 15 000 | | | | + | | | | | + | | | | | | | | | + | + | | | + | |
| 15 | XV | 280 690 | + | | | | | | | | | + | | | | | | | | + | + | | + | + | |
| 16 | XVI | 8 600 | | | | + | | | | | + | | | | | | | | | + | + | | | + | |
| 17 | XVII | 12 180 | | | | + | | | | | + | | | | | | | | | + | + | | | + | |
| 18 | XVIII | 26 000 | + | | | | | | | | | | | + | | | | | | + | + | | | + | |
| 19 | XIX | 110 000 | + | | | | | | | | + | | | | + | | | | | + | + | | | + | |
| 20 | XX | 5 500 | | | | | + | | | | | | | | | | | | | + | + | | | + | |
| 21 | XXI | 35 000 | + | | | | | | | | | | | | | | | | | + | + | | | + | |
| 22 | XXII | 15 000 | + | | | | | | | | + | | | | | | | | | + | + | | | + | |
| 23 | XXIII | 19 000 | | | | | + | | | | + | | | | + | | | | | + | + | | | + | |

5. Kryteria konieczności stosowania węgla aktywnego

Na podstawie analizy jakości wód uzdatnianych na poszczególnych stacjach wodociągowych, stosowanych procesów i urządzeń, można by stacje te podzielić na cztery grupy (przy założeniach, że użyty zostanie tylko węgiel aktywny jako środek do uszlachetniania wody):

- a) gdzie stosowanie węgla aktywnego jest niezbędne ze względu na bardzo złą jakość wody uzdatnionej,
- b) gdzie byłoby wskazane zastosowanie węgla aktywnego, jednak ze względu na związane z tym szkodliwe koszty proponujemy tę można na razie odłożyć do momentu, gdy stanie się ona niezbędna,
- c) gdzie zastosowanie węgla aktywnego nie jest obecnie konieczne, lecz nie wykluczone w przyszłości,
- d) gdzie stosowanie węgla aktywnego jest niepotrzebne.

Z ogólnej ilości przeanalizowanych stacji (tabl. 2) w czterech przypadkach zastosowanie węgla aktywnego w procesie uzdatniania wody okazało się niezbędne. Są to stacje nr II, VIII, X, XIX (tabl. 2). Wszystkie te stacje uzdatniają wodę powierzchniową z wyjątkiem SUW nr X, która zasilana jest wodami mieszanymi (powierzchniowymi z piaskowni i kopalnianymi). W trzech przypadkach zastosowanie węgla aktywnego byłoby wskazane SUW nr VI, XVII, XXIII. Na pozostałych 11 stacjach zastosowanie węgla aktywnego jest zbędne. Stacje te zasilane są wodami pochodzenia podziemnego kopalnianego bądź infiltracyjnego.

6. Potrzeby oraz propozycje stosowania węgla aktywnego

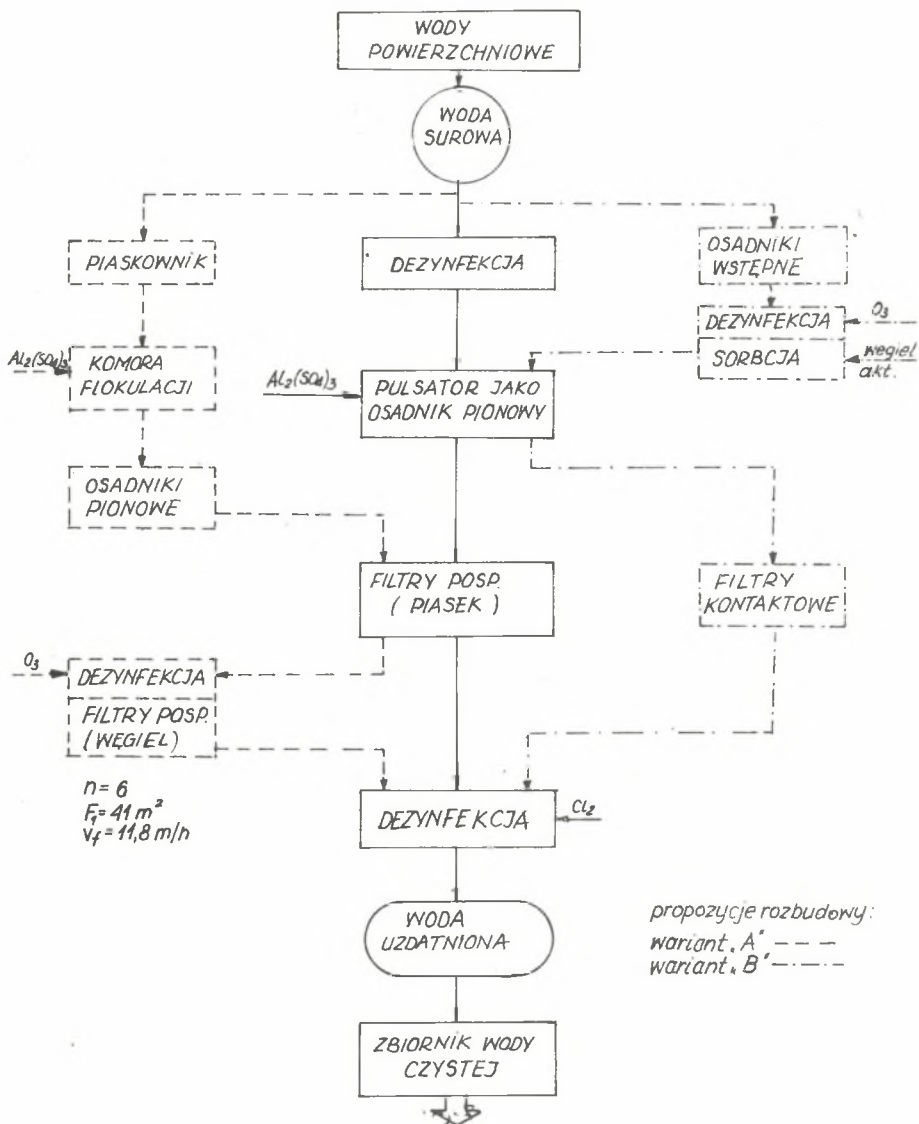
6.1. Stacja uzdatniania wody nr II

Woda pobierana jest z rzeki w ilości 70000 m³/d i wymaga zastosowania procesów koagulacji, filtracji oraz dezynfekcji. Przyjęty schemat technologiczny okazał się nie najlepszy. Pulsatory nie pracują zgodnie z przeznaczeniem, zaś filtry pospieszne są przeciążone.

Propozycje zmian obejmują dwa warianty przedstawione na schemacie rys. 2.

Przy zastosowaniu wariantu "A" istnieje obawa, że na skutek działania ozonu powstaną produkty rozpadu związków chemicznych, które mogą być bardziej szkodliwe dla zdrowia ludzkiego niż produkty pierwotne. Dlatego zastosowanie ozonowania bez dokładnego przebadania działania produktów rozpadu na organizm ludzki lub bez możliwości ich redukcji na węglu aktywnym może być ryzykowne i niebezpieczne dla ludzi. Projekt ten przewiduje wykorzystanie istniejących pulsatorów jako odstojuńki wód popłucznych.

Wariant "B" przewiduje koagulację powierzchniową na filtrach kontaktowych. Pod względem technologicznym jest to układ stosunkowo pewny i dla wody, jaka jest ujmowana dla SUW nr II, celowy. Wymaga to jednak wybudowania



Rys. 2. Technologiczny schemat ideowy procesów uzdatniania wody na SUW nr II

wania przy użyciu osadników wstępnych, które w przypadku gwałtownego pogorszenia się stanu wody pełniłyby rolę urządzeń wyrównujących stężenie zanieczyszczeń i ich częściowe usunięcie (piasek, grubsze zawiesiny), co zapewniłoby prawidłową pracę filtrów kontaktowych. Filtry kontaktowe powstałyby przez przebudowę istniejących filtrów pośpiesznych.

W celu polepszenia jakości proponuje się zastosowanie przed chlorowaniem ozonowania i sorpcję na węglu aktywnym. Taki układ polepszy własności organoleptyczne wody i zabezpieczy przed szkodliwym działaniem środków chemicznych będących w wodzie oraz produktów ich rozpadu powstałych w wyniku działania ozonem.

Dla wariantu "A" zakłada się wybudowanie 6 komór filtracyjnym wypełnionych węglem aktywnym o wysokości $h = 1,2$ m i łącznej powierzchni $F_G = 246$ m² oraz prędkości filtracji $V_F = 11$ m/h, przy czasie kontaktu $t = 0,05$ h.

Przy założeniu, że węgiel nie będzie podlegał regeneracji koszt produkcji (licząc tylko koszty węgla aktywnego) zwiększy się o 0,349 zł/m³.

Dla węgla formowanego i regeneracji koszt produkcji wód zwiększy się o 0,331 zł/m³.

Dla wariantu "B" przy użyciu węgla aktywnego w postaci pylistej przy dawce minimalnej 5 g/m³ koszt produkcji wody zwiększy się o 0,59 zł/m³, a przy dawce maksymalnej 20 g/m³ o 2,36 zł/m³, wg cen obowiązujących w roku 1982.

6.2. Stacja uzdatniania wody nr VIII

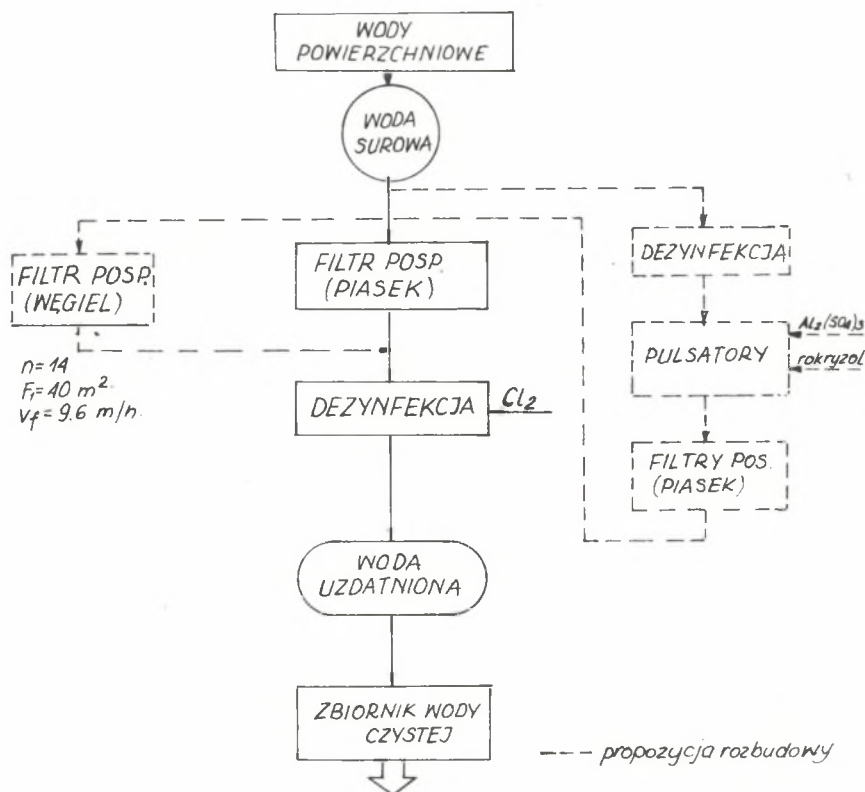
Stacja ta uzdatnia wody powierzchniowe ujmowane średnio w ilości około 130 000 m³/d. Woda ze zbiornika podawana jest na filtry pospieszne piaskowe, a następnie podlega dezynfekcji chlorem (rys. 3).

Uzdatnianie wody powierzchniowej pochodzącej ze zbiornika w obecnym układzie technologicznym, tj. z wykorzystaniem filtracji pospiesznej i chlorowania nie daje zadowalających wyników. Układ ten nie pozwala na usunięcie barwy, mętności a często i utlenialność w stopniu wymaganym przez normę. Jedynie przedostające się z powietrza do zbiornika związki cynku i ołowiu są skutecznie usuwane w procesie jej uzdatniania. Zastosowanie wstępnego chlorowania wody przed uzdatnianiem pozwoli na utlenienie nadmiaru substancji organicznych w wodzie, co spowoduje znaczne obniżenie utlenialności wody oraz dawki chloru przy dezynfekcji końcowej. Ze względu na dużą ilość substancji koloidalnej powodującej mętność można by zastosować koagulację objętościową np.: w pulsatorach.

Koagulacja kontaktora na złożu filtracyjnym nie jest korzystna ze względu na charakter zanieczyszczeń powodujących kolmatację złoża. W okresie podwyższonej mętności należy przewidzieć możliwość stosowania flokulanta.

Po koagulacji należy zastosować filtrację przez filtry pospieszne (nowe) z wypełnieniem piaskowym. Z chwilą ukończenia budowy tych urządzeń można dokonać przeróbek adaptacyjnych w celu wykorzystania starych filtrów

piaskowych jako filtry węglowe o powierzchni $F_1 = 40 \text{ m}^2$, przy $V_f = 9,6 \text{ m/h}$, wysokości warstwy filtracyjnej $h = 1,3 \text{ m}$ oraz czasie kontaktu $t = 0,068 \text{ h}$.



Rys. 3. Technologiczny schemat ideowy procesów uzdatniania wody na SUW nr VIII

Przy wypełnieniu filtrów węglem granulowanym nie podlegającym regeneracji koszt produkcji wody (licząc tylko koszty węgla aktywnego) wzrosł o $0,462 \text{ zł/m}^3$, przy wypełnieniu węglem formowanym podlegającym regeneracji o $0,44 \text{ zł/m}^3$, wg cen obowiązujących w roku 1982.

6.3. Stacja uzdatniania wody nr X

Stacja wodociągowa zasilana jest z ujęcia traktowanego jako powierzchniowe, chociaż poza wodami opadowymi zbiera głównie wody gruntowe i podziemne w ilości $195 \text{ 000 m}^3/\text{d}$ łącznie. Woda surowa z rzeki częściowo uzda-

tniana jest na filtrach powolnych, a częściowo na filtrach pospiesznych. Po filtracji woda jest dezynfekowana chlorem dawką 1,1, - 1,3 mg/dm³. Woda surowa z ujęcia gruntowego uzdatniana jest na filtrach pospiesznych, a następnie dezynfekowana chlorem taką samą dawką. W przypadku pogorszenia się jakości wody ujmowanej przed filtrami pospiesznymi woda będzie poddawana koagulacji $Al_2(SO_4)_3$ i klarowaniu w pulsatorach (rys. 4).

W wodzie uzdatnionej stwierdzono występowanie stałego bądź wyraźnie specyficznego zapachu zbliżonego do zapachu produktów naftowych lub chlorofenoli. Zapach ten nasilił się po chlorowaniu i był wyczuwany w sieci wodociągowej. Obecnie stosowana metoda uzdatniania tej wody przez koagulację, filtrację oraz dezynfekację chlorem nie jest w stanie wyeliminować zanieczyszczeń ligninosulfonowych z wody uzdatnionej. Zachodzi zatem konieczność zrezygnowania z eksploatacji ujęcia wody powierzchniowej lub zmiany technologii jej uzdatniania.

Porównanie jakości wody z obu źródeł wskazuje na konieczność zwrócenia większej uwagi na wody ujmowane z rzeki. Dlatego też w ciągu technologicznym uzdatniania tych wód proponuje się zmiany.

Jako pierwszy proces proponuje się zastosowanie wstępnego chlorowania bądź ozonowania. Następne procesy przebiegać mogą w dwóch wariantach:

Wariant "A"

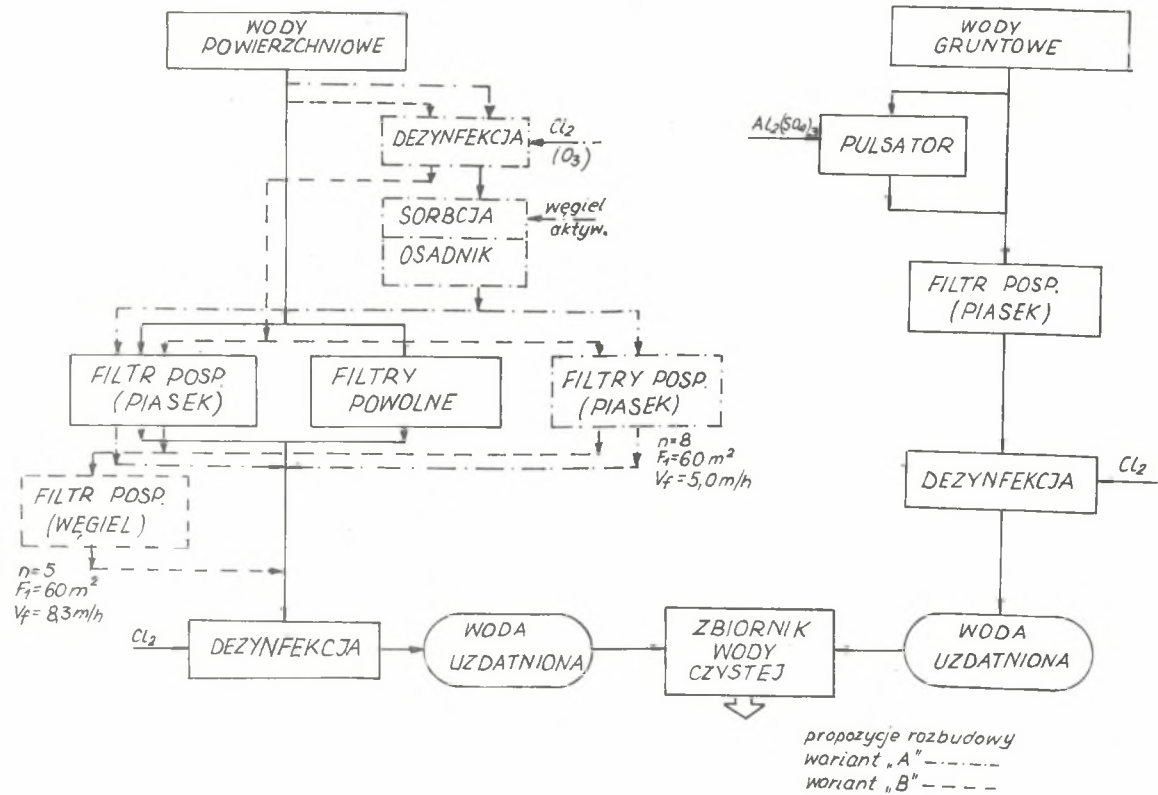
- adsorpcja na pylistym węglu aktywnym (budowa osadnika kontaktowego),
- filtracja pospieszna na filtrach płaskowych (rozbudowa i adaptacja istniejących filtrów powolnych jako filtrów pospiesznych),
- dezynfekacja końcowa chlorem.

Wariant "B"

- filtracja pospieszna przez filtry płaskowe (rozbudowa i adaptacja istniejących filtrów powolnych),
- adsorpcja na węglu aktywnym (budowa nowych filtrów węglowych),
- dezynfekacja końcowa.

Wzrost kosztów produkcji wody (licząc tylko koszty węgla aktywnego) dla wariantu "A" wynosi przy dawce 5 g/m³ - 0,59 zł/m³, przy dawce 20 g/m³ - 2,36 zł/m³ wg cen obowiązujących w roku 1982.

Przy wariantcie "B" założono, że należy wybudować 5 filtrów węglowych o powierzchni $F_1 = 60 \text{ m}^2$ i $V_F = 8,4 \text{ m}^3/\text{h}$. Wysokość warstwy filtracyjnej wynosiłaby $h = 1,0 \text{ m}$, czas kontaktu $t = 0,06 \text{ h}$. Przyjmując węgiel, który nie podlega regeneracji, koszt produkcji wody (licząc tylko koszty węgla aktywnego) wzrośnie o 0,413 zł/m³, zaś dla węgla formowanego podlegającego regeneracji o 0,393 zł/m³, wg cen obowiązujących w roku 1982.



Rys. 4. Technologiczny schemat ideowy procesów uzdatniania wody na SUW nr X

6.4. Stacja uzdatniania wody nr XIX

Stacja ta uzdatnia wody powierzchniowe w ilości 110 000 m³/d. Koloidalny charakter zawartych w rzece zanieczyszczeń powoduje duże trudności w uzdatnianiu wody oraz zwiększa koszty uzdatniania. Stosowana tu klasyczna metoda koagulacji wody, przy dużej zawartości substancji koloidalnej w wodzie surowej, nie zawsze daje dobre wyniki (rys. 5).

Wzrost zanieczyszczenia bakteriologicznego wody surowej ujmowanej przez ten wodociąg powoduje konieczność wprowadzenia efektywniejszych metod jej uzdatniania. Doraźnie stosuje się bardzo wysokie dawki chloru przy dezynfekcji końcowej. Zaleca się przed przystąpieniem do uzdatniania wody zastosować wstępną dezynfekcję poprzez omonowanie lub chlorowanie. Proces ten zapewni usunięcie zanieczyszczeń koloidalnych oraz związków wielocząsteczkowych wywołujących barwę.

Dla poprawy smaku i zapachu wody proponuje się zastosować sorpcję na pylistym węglu aktywnym dawkowanym w ilości 5-20 g/m³ do komory szybkiego mieszania (wariant A) bądź podwójną filtrację - najpierw przez istniejące filtry piaskowe, później przez nowo wybudowane filtry węglowe (wariant B).

Wzrost kosztów produkcji wody (licząc tylko koszty węgla aktywnego) w wariantcie "A" przedstawia się następująco: dla dawki 5 g/m³ o 0,59 zł/m³ dla 20 g/m³ o 2,36 zł/m³, wg cen obowiązujących w roku 1982.

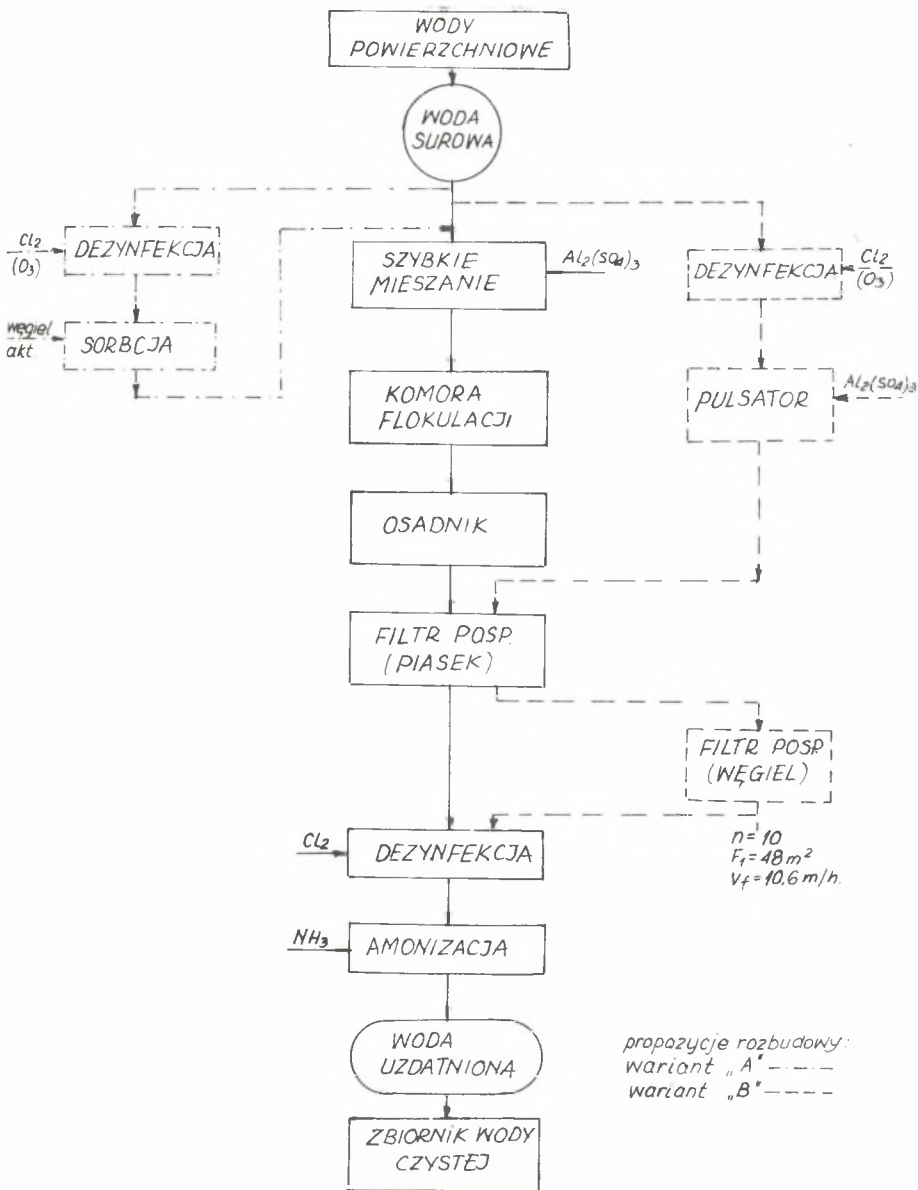
Przy dawkowaniu okresowym przez okres 1/3 roku koszty produkcji wody wzrosną dla dawki 5 g/m³ o 0,187 zł/m³ i dla 20 g/m³ o 0,787 zł/m³, wg cen obowiązujących w roku 1982.

Zakładając konieczność wybudowania 10 komór filtracyjnych wypełnionych węglem aktywnym do wysokości $h = 1,0$ m i powierzchni pojedynczego złoża $F_1 = 48$ m² prędkości filtracyjnej $V_f = 9,5-10,6$ m/h i czasie kontaktu $t = 0,052$ h.

Koszt produkcji wody (licząc tylko koszty węgla aktywnego) wzrośnie dla węgla, który nie podlega regeneracji o 0,36 zł/m³ przyjmując węgiel formowany z regeneracją o 0,343 zł/m³.

Z danych zebranych w tabl. 3 wynika, że stosowanie węgla aktywnego formowanego podlegającego regeneracji osiąga się najniższy koszt produkcji 1 m³ wody, natomiast roczny koszt regeneracji i zakupu węgla do uzupełnienia jest rzędu kosztów inwestycyjnych dla węgla aktywnego nie podlegającego regeneracji.

Najwyższe koszty inwestycyjne oraz koszty produkcji 1 m³ wody uzyskuje się przy użyciu węgla aktywnego pylistego.



Rys. 5. Technologiczny schemat ideowy procesów uzdatniania wody na SUW nr XIX

Zapotrzebowanie i koszty zakupu węgla aktywnego dla stacji wodociągowych, na których jest on niezbędny

| 4p | Nr SUW Q m ³ /d | Rodzaj węgla aktywnego | Zapotrzebo- wanie na węgiel akt. [t] | Koszt ** pierwszego wypełnienia [tys zł] | Roczny ** koszt zakupu [tys zł/r] | Koszt ** regeneracji węgla akt. Kr [tys zł/r] | Koszt ** węgla akt. do uzupeł Ku [tys zł/r] | Kr + Ku [tys zł/r] | Zwiększenie kosztów produkcji wody [zł/m ³]* |
|----|----------------------------------|---|---|---|--|--|--|-----------------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | II 70 000 | A granulowany bez regener, formowany z regeneracją B pylisty ¹⁾ / ₂₎ | 68 121 128 ÷ 511 | 8 908 24 200 | | 6 050 | 2 420 | 8 470 | 0,349 0,331 0,59 ÷ 2,36 |
| 2 | VIII 130 000 | granulowany bez regener. formowany z regeneracją | 167 298 | 21 929 59 700 | | 14 925 | 5 970 | 20 895 | 0,462 0,44 |
| 3 | X 195 000 | A pylisty ¹⁾ B granulowany bez regener, formowany z regeneracją | 109 ÷ 438 69 123 | 9 039 24 600 | 12 321 ÷ 51 684 | 6 150 | 2 460 | 8 610 | 0,59 ÷ 2,36 0,413 0,393 |
| 4 | XIX 110 000 | A pylisty ¹⁾ / ₂₎ pylisty ²⁾ B granulowany bez regener. formowany z regeneracją | 200 ÷ 803 67 ÷ 267 110 197 | 14 462 39 360 | 23 688,5 ÷ 94 754 7 906 ÷ 31 588,6 | 9 840 | 3 936 | 13 776 | 0,59 ÷ 2,36 0,197 ÷ 0,78 0,36 0,343 |

* W zwiększenie kosztów produkcji 1 m³ wody wliczone są tylko koszty zakupu i regeneracji węgla aktywnego.

** Licząc koszty zakupu węgla aktywnego przyjęto ceny obowiązujące w 1982 roku.

1) Dawkowanie ciągłe, 2) Dawkowanie okresowe

7. Wnioski

Z przeprowadzonej analizy 23 stacji uzdatniania wody nad możliwością zastosowania węgla aktywnego wynika co następuje:

1. Istnieje potrzeba zastosowania węgla aktywnego na 4 stacjach wodociągowych, na 3 byłby on wskazany, zaś na 5 nie wyklucza się potrzeby jego użycia w przyszłości.
2. Koszty produkcji wody na stacjach, gdzie jest on niezbędny, wzrosną odpowiednio przy stosowaniu:
 - węgla aktywnego pylistego o 0,59-2,36 zł/m³ (dawkowanie ciągłe) i o 0,197-0,78 zł/m³ (dawkowanie okresowe),
 - węgla aktywnego granulowanego bez regeneracji o 0,349-0,462 zł/m³,
 - węgla aktywnego formowanego z regeneracją o 0,331-0,44 zł/m³ licząc tylko koszty zakupu węgla aktywnego wg cen z roku 1982.
3. Zastosowanie węgla aktywnego wymagać będzie przeprowadzenia odpowiednich badań technologicznych dla ustalenia optymalnych dawek i odpowiednich prędkości filtracji w poszczególnych przypadkach.

LITERATURA

- [1] Brych R.: Próba oceny utleniaaczy i sorbentów stosowanych w uzdatnianiu wody GWiTS nr 7/80.
- [2] Cennik nr 102 - 2/76. Wydawnictwo Katalogów i Cenników. Warszawa 1975.
- [3] Fico J.: Zastosowanie węgla aktywnych do uzdatniania wody. Konferencja techniczna. Poznań 1974.
- [4] Godlewicz J.M.: Filtry węglowe w procesie uzdatniania wody. GWiTS nr 5/77.
- [5] Tanczewski H.: Węgiel aktywowany w praktyce uzdatniania wody i jego regeneracja. GWiTS 9/75.
- [6] Jasiński B.: Uzdatnianie wykończające wody a filtracja na węglu aktywnym, GWiTS 2/74.
- [7] Johnson J.G.: Activated carbon for filtration plants Effluent and Water treatment journal 8/74.
- [8] Katalog węgla aktywnych. Przedsiębiorstwo Zbytu Produktów Węglowych w Gliwice, 1968.
- [9] Katalog: Węgla aktywne, Biuro wydawnicze "Chemia" ul. Foksal 18, Warszawa 1975.
- [10] Kelus J.: Adsorpcja związków nieorganicznych na węglu aktywnym. GWiTS 10/73.
- [11] Kelus J.: Oczyszczenie wody za pomocą węgla aktywnego i innych metod oczyszczania, GWiTS 3/80.
- [12] Kostrzewa E.: Węgiel aktywowany w procesach uzdatniania wody. Konferencja techniczna. Poznań 1975.
- [13] Kowal A. Świdarska - Bróz M.: Węgiel aktywowany w procesach oczyszczania wody. GWiTS 12/74.
- [14] Kuś K., Umiński J., Preidl L., Rzepiela M.: Wpływ pogarszającej się jakości wody na pracę urządzeń stacji wodociągowych WPWiK w Katowicach. Konferencja naukowo-techniczna. Wisła 1981.

- [15] Paprowicz J.: Wpływ wybranych właściwości fizykochemicznych węgla aktywnych na ich zdolność usuwania zanieczyszczeń z wody. Gliwice 1980.
- [16] Pawłowska K., Janik M.: Wyniki badań w skali ułamkowo-technicznej nad zastosowaniem pylistego i granulowanego węgla aktywnego w uzdatnianiu wody. II Międzynarodowa Konferencja. Lublin 1979.
- [17] Rybiński St.: Zastosowanie granulowanego węgla aktywnego w uzdatnianiu wody - wybrane problemy projektowania. Konferencja techniczna. Poznań 1974.
- [18] Schulhof P.: An Evolutionary Approach to Activated Carbon Treatment AWWA 11/1979.
- [19] Załącznik do decyzji nr DL-2/81 Państwowej Komisji Cen z listopada 1981.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АКТИВНОГО УГЛЯ НА НЕКОТОРЫХ СТАНЦИЯХ
ПО ВОДОСНАБЖЕНИЮ КАТОВИЦКОГО И БЕЛЬСКОГО ВОЕВОДСТВ

Р е з ю м е

В работе дан анализ 23 станций по водоснабжению Катовицкого и Бельского воеводств производительностью более 5000 м³/сутки, утилизирующих воду для коммунальных нужд. Если принять во внимание что для улучшения качества утилизованной воды будет применяться активный уголь, то имеется необходимость в его применении на 4 станциях, на 3 станциях он был бы желателен а на 5 станциях не исключается его применение в будущем. Самые низкие затраты на производство 1 м³ воды получается при применении формовочного активного угля с регенерацией, самые большие затраты - при использовании пылистого активного угля.

POSSIBILITIES OF ACTIVE CARBON APPLICATION IN SOME WATER SUPPLY STATIONS
OF KATOWICE AND BIELSKO DISTRICTS

S u m m a r y

Twenty three water supply stations in Katowice and Bielsko districts are analyzed. The stations are used to municipal water conditioning and have capacities over five thousands m³/d. Four stations are in need of active carbon to improve water quality, for three of them it is indicated while for five others there is possibility of its application in future. The lowest costs of the unit water production are reached for moulded active carbon regenerated while the most expensive is the use of powdery active carbon.