

Krzysztof Lipiński

TECHNOLOGIA WODY ULTRACZYSTEJ

Woda ultraczysta (ang. ultrapure water) stosowana jest w zakładach elektronicznych do końcowego przemywania elementów elektronicznych po ich galwanicznej obróbce, tj. zazwyczaj po srebrzeniu lub złoceniu. Pracujące obecnie w Polsce instalacje do otrzymywania wody ultraczystej (WU) są importowane ze strefy dolarowej. By zmniejszyć ten import, podjęto badania, mające na celu opracowanie technologii otrzymywania wody ultraczystej, bazującej na urządzeniach krajowych lub z KDL. W wyniku badań, które prowadził Instytut Inżynierii Wodnej Politechniki Szczecińskiej, został opracowany przez Biuro Technologiczne „Pewa” w Warszawie, projekt przemysłowej instalacji do otrzymywania wody ultraczystej, dla Zakładów Elektronicznych „Kazel” w Koszalinie. Obecnie instalacja ta jest w końcowej fazie realizacji. W czasie prowadzenia badań, jak również w czasie dalszych prac własnych Instytutu wyłoniło się wiele zagadnień, z których najbardziej interesujące zostały omówione poniżej.

Wymagania stawiane wodzie ultraczystej

W zakładach elektronicznych stosowane są zazwyczaj wody o trzech różnych jakościach [1] (tab. 1).

Tabela 1
JAKOŚĆ WODY STOSOWANEJ W ZAKŁADACH ELEKTRONICZNYCH

Oznaczenia	Jakość wody		
	I	II	III
Oporność —min.	100 tys. $\cdot \Omega \cdot \text{cm}$	1M $\Omega \cdot \text{cm}$	16—18M $\Omega \cdot \text{cm}$
Całkowita zawartość części rozpuszczalnych, mg/dm ³ —max.	4,0	0,4	0,025
pH w 25°C	5,5—7,5	6,5—7,2	6,9—7,1
ChZT, mg O ₂ /dm ³ — max.	5,0	2,0	0,1
O ₂ W, mg/dm ³ —max.	5,0	2,0	0,1
Ilość bakterii po 48 h w 35°C w 1 cm ³ — max.	200 tys.	50 tys.	10 tys.
Mętność, JTU —max.	3,0	1,0	0,1
SiO ₂ całkowita, mg/dm ³ —max.	3,0	1,0	0,1
SiO ₂ rozpuszczalna, mg/dm ³ —max.	1,0	0,5	0,02
Nielotna pozostałość na filtrze 0,22 μm , mg/dm ³ — max.	20	10	0,5
Żelazo, $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ —max.	100	10	2

Woda ultraczysta odpowiada podanej w tabeli wodzie III jakości. Wymagania stawiane wodzie ultraczystej różnią się nieznacznie, w zależności od rodzaju produkowanych elementów oraz metody ich obróbki [2]. W tabeli 2 zestawiono wymagania stosowane przez różnych producentów.

Tabela 2
WYMAGANIA STAWIANE WODZIE ULTRACZYSTEJ PRZEZ RÓŻNYCH PRODUCENTÓW

Oznaczenia	Producenci					
	IBM	TI	GI	RCA	DR	Średnio
Oporność, M $\Omega \cdot \text{cm}$ —min.	18	15	16	15	10	16
Całkowita zawartość elektrolitów w przeliczeniu na NaCl, $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ —max.	25	30	30	30	45	35
Ilość cząstek, szt./cm ² —max.	150	150	100	150	100	130
Nominalna największa wielkość cząstek, μm	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Zawartość substancji organicznych w przeliczeniu na CO ₂ , mg/dm ³ —max	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Rozpuszczone gazy, mg/dm ³ —max.	—	200	—	200	200	200
Żywe organizmy szt./dm ³ —max	—	8	10	—	10	9

IBM — International Business Machines Corporation
TS — Texas Instrument Corporation
GI — General Instrument Corporation
RCA — Radio Corporation of America
DR — Delco Radio Corporation

Otrzymywanie wody ultraczystej

Woda surowa, z której otrzymuje się wodę ultraczystą, w zależności od pochodzenia, sposobu ujęcia i wstępnego uzdatniania, zawiera różne zanieczyszczenia. Stąd też, przystępując do opracowania technologii otrzymywania wody ultraczystej, należy brać pod uwagę możliwość występowania w wodzie surowej wszystkich zanieczyszczeń, które mogą być w niej obecne.

Sposób otrzymywania wody ultraczystej wynika z jakości wody surowej i z rodzaju dostępnych lub preferowanych urządzeń, stąd też znanych i stosowanych jest wiele układów technologicznych. Na rys. 1 przedstawiono ogólny schemat ideowy otrzymywania wody ultraczystej, przy założeniu, że woda surowa jest wodą do picia i na potrzeby gospodarcze z sieci miejskiej lub wodą głębinową.

adsorpcji, które można łatwo wyznaczyć za pomocą prostych i krótkotrwałych badań laboratoryjnych [16].

Drugim ze wspomnianych wyżej procesów stosowanych coraz częściej do usuwania z wody zanieczyszczeń organicznych jest ultrafiltracja. Na drodze ultrafiltracji można usunąć z wody zanieczyszczenia o wielkości cząstek powyżej 20 nm t.zn. cząsteczkowe i wielkocząsteczkowe zanieczyszczenia organiczne, zanieczyszczenia koloidalne i zanieczyszczenia biologiczne, w tym bakterie i wirusy.

W Instytucie Technologii Chemicznej Politechniki Szczecińskiej prowadzone są od kilku lat badania ultrafiltracji. W wyniku tych badań otrzymano prototypy polskich membran i moduły ultrafiltracyjne. Brak jest jednak literaturowych informacji na ten temat. W ostatnim okresie Instytut Inżynierii Wodnej Politechniki Szczecińskiej razem z Instytutem Technologii Chemicznej podjął badania, mające na celu otrzymanie membran ultrafiltracyjnych do otrzymywania wody apyrogennej, stosowanej do sztucznej nerki. Opracowane moduły z membranami kapilarnymi pozwalają na otrzymanie wody apyrogennej o żądanych wymaganiach. Blizsze dane dotyczące technologii otrzymywania wyżej wymienionych membran i wkładów, jak również na temat sposobu oceny przydatności wkładów i jakości wody apyrogennej, zostaną w najbliższym czasie opublikowane.

Do usuwania z wody zanieczyszczeń mineralnych (soli) stosowane są w technologii wody ultraczystej odwrócona osmoza (RO) i jonity. Proces odwróconej osmozy jako proces odsalania stosuje się do usuwania makro ilości soli, a jonity jako proces „doczyszczający” — do usuwania pozostałej ilości soli. Rozwiązanie takie jest stosowane w większości instalacji, chociaż istnieje również teoretyczna możliwość zastosowania w miejsce odwróconej osmozy innych procesów odsalania t.j. elektrodializy i destylacji. To ostatnie rozwiązanie pociąga za sobą wyższe koszty eksploatacyjne związane z koniecznością stosowania wyparek jedno-stopniowych, w których wskaźnik zużycia ciepła na jednostkę destylatu jest 10—12 razy większy niż w instalacjach wielkoprzemysłowych, pracujących w układach wielostopniowych [17]. Również elektrodializa jak dotąd nie znalazła zastosowania w instalacjach do produkcji wody ultraczystej, chociaż według oceny specjalistów w tym zakresie może ona konkutować z odwróconą osmozą. W Polsce elektrodializą zajmuje się Politechnika Wrocławska [18], natomiast proces odwróconej osmozy był przedmiotem badań prowadzonych w Instytucie Technologii Chemicznej Politechniki Szczecińskiej. Głównym celem tych badań było odsalanie słonawych wód kopalnianych [19, 20, 21]. Obecnie w tym zakresie prace nie są prowadzone i nie dysponujemy polskimi modułami do odwróconej osmozy. W tej sytuacji, projektowane obecnie instalacje do otrzymywania wody ultraczystej, bazujące na urządzeniach krajowych i z KDL zawierają wyłącznie jonity, które stosowane są nie tylko do „doczyszczania”

wody ale również do usuwania z wody makro ilości soli. Rozwiązanie takie powoduje konieczność stosowania bardzo rozbudowanego układu kolumn jonitowych (rys. 1). Układ ten w przypadku stosowania Wofatytów należy jeszcze powiększyć o jedną kolumnę ze złożem mieszanym z jonitami z krajów kapitalistycznych, co gwarantuje wymaganą jakość wody [22]. Przy tak bardzo rozbudowanym układzie kolumn jonitowych, szczególnie ważnym zagadnieniem jest optymalizacja procesu obsadzania i regeneracji jonitów, z którą łączy się odpowiednia kontrola tych procesów. Jak wynika z przeprowadzonych badań [23] dla kontroli obsadzania kationitów należy stosować oznaczenie zawartości Na^+ a nie pH, jak to często spotyka się w praktyce. Natomiast dla kontroli obsadzania anionitów należy stosować pomiar przewodności w miejsce zazwyczaj stosowanego oznaczania zawartości jonów chlorowatych, które przechodzą przez kolumnę, jako jedne z ostatnich, a zatem ich oznaczenie nie jest miarodajne. Również istotnym zagadnieniem jest odpowiednie „głębokie” prowadzenie regeneracji jonitów, szczególnie w ostatnich stopniach dejonizacji, od których zależy końcowa jakość wody ultraczystej.

Ważnym procesem przy uzdatnianiu wody ultraczystej jest mikrofiltracja (MF). W istniejących instalacjach stosowane są 2—5 stopnie mikrofiltrów, przy czym najczęściej stosowane posiadają pory o średnicy 20; 5; 1 i 0,2 μm . Mikrofiltry o przekroju porów powyżej 1 μm mają zazwyczaj charakter objętościowy, a o przekroju porów poniżej 1 μm pracują na zasadzie filtracji powierzchniowej i posiadają wkłady typu membranowego. W Polsce mamy obecnie do dyspozycji mikrofiltry ceramiczne (świecowe) i są w opracowaniu mikrofiltry typu objętościowego. W wyniku przeprowadzonych badań ustalono ponadto możliwość stosowania filtrów ciśnieniowych (rurowych) z membranami typu Numbuk produkowanymi w kraju [24].

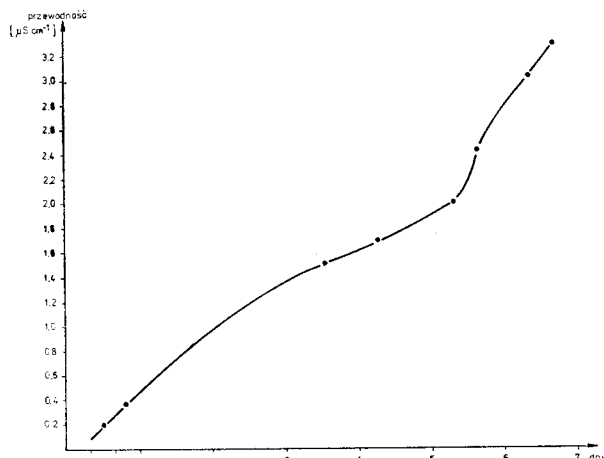
Reuzdatnianie

W wyniku uzdatniania podstawowego usuwane są praktycznie wszystkie zanieczyszczenia obecne w wodzie surowej, a zatem woda uzdatniona powinna odpowiadać wymaganiom stawianym wodzie ultraczystej. W rzeczywistości jednak w procesie uzdatniania wody następuje wtórne jej zanieczyszczenie. Głównym źródłem tych zanieczyszczeń jest zazwyczaj mechaniczne rozdrabnianie i częściowe rozpuszczanie jonitów oraz węgla aktywnego i membran (MF i UF), rozwój życia biologicznego na złożach i membranach oraz korozja urządzeń i rur, jak również powietrze kontaktujące się z uzdatnioną wodą. Tak więc wodę uzdatnioną należy poddawać reuzdatnianiu. W tym celu stosuje się ponownie procesy adsorpcji na węglu aktywnym, wymianę jonową i mikrofiltrację (lub ultrafiltrację). Ponadto stosowana jest sterylizacja wody w ultrafiolecie (UV). By maksymalnie zwiększyć efekty reuzdatniania stosuje się ciągłą recyrkulację wody w sposób podany na rys. 1.

Proces sterylizacji w ultrafiolecie był również przedmiotem badań [25], w wyniku których zostały ustalone optymalne parametry procesu i opracowane założenia technologiczne dla ciągłego sterylizatora przemysłowego. Jak dotąd nie podjęto w kraju produkcji takich sterylizatorów, jak również nie są produkowane potrzebne do nich lampy UV.

Ważnym zagadnieniem jest zabezpieczenie wody przed kontaktem z powietrzem, szczególnie przy jej magazynowaniu w zbiornikach. W tym ostatnim przypadku stosuje się tzw. „poduszkę” z czystego azotu, przy czym azot wprowadzony ze zbiornika (w czasie jego napełniania) może być stosowany do desorpcji CO_2 i O_2 w stadium uzdatniania podstawowego. Jak wykazały badania, woda w zbiornikach nawet bez dostępu powietrza pogarsza swoją jakość w czasie magazynowania.

Na rys. 2 przedstawiono wpływ czasu magazynowania na przewodność wody ultraczystej pobranej w sposób zabezpieczający przed napowietrzaniem i przechowywanej w zamkniętym kanistrze polietylenowym [26]. Biorąc powyższe pod uwagę przy wymaganej bardzo wysokiej jakości wody ultraczystej, aby maksymalnie skrócić czas magazynowania wody oraz jej kontaktu z tworzywami, z których są wykonane zbiorniki i przewody — prowadzone jest uzdatnianie na stanowiskach pracy w zestawach o małej wydajności rzędu $0,5 \text{ m}^3/\text{h}$.



Rys. 2 Zmiana przewodności wody ultraczystej w czasie jej magazynowania w zamkniętych zbiornikach polietylenowych

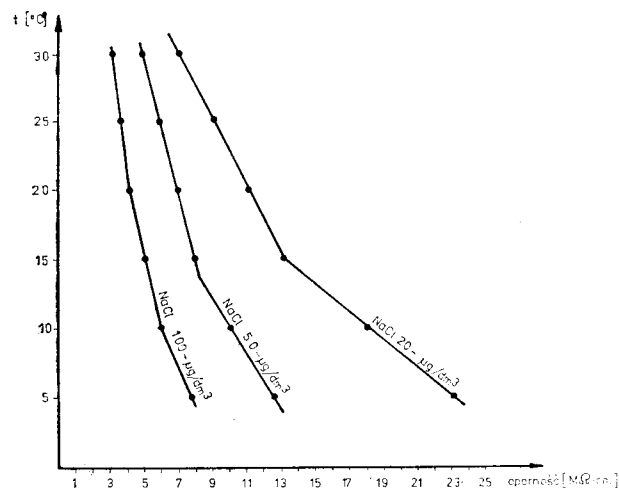
Stosowane są zestawy typu kolumnowego (dwie małe kolumny o średnicy około 10 cm i wysokości 50 cm, wypełnione węglem aktywnym i jonitami mieszanymi wraz z mikrofiltrami) lub zestawy typu filtrów namywanych. W wyniku badań nad reuzdatnianiem [27] opracowano sposób otrzymywania jonitu sproszkowanego o podwyższonej zdolności wymiennej [28], co przedłuża czas pracy zestawów między regeneracjami. Ostatnim z wybranych zagadnień, dotyczących otrzymywania wody ultraczystej, jest zamykanie obiegów wodnych w zakładach podzespołów elektronicznych. Woda ultraczysta stosowana jest do płukania międzyoperacyjnego i końcowego elementów elektronicznych, z którego uzyskuje się wody popłuczne o różnym stopniu zanieczyszczenia. Część z tych wód można zawrócić do płukania międzyoperacyjnego, do którego zazwyczaj stosuje się wodę ultraczystą, a pozostałą część zawrócić do uzdatniania [29]. Rozwiązanie takie prowadzi do zmniejszenia zużycia wody wodociągowej i obciążenia stacji uzdatniania, a także do zmniejszenia ilości ścieków wymagających kosztownego oczyszczania.

Kontrola jakości wody ultraczystej

Kontrola ta, ze względu na bardzo małe stężenie zanieczyszczeń w wodzie ultraczystej (rzędu mikrogramów na decymetr sześcienny) wymaga szczególnego postępowania.

Pierwszą sprawą, na którą należy zwrócić uwagę jest sposób pobierania prób, który wymaga zabezpieczenia przed kontaktem z powietrzem i naczyń z odpowiedniego tworzywa. Oznaczanie zanieczyszczeń powinno być prowadzone metodami instrumentalnymi, które umożliwiają natychmiastowy i szybki pomiar oraz nie wymagają zużywania odczynników. W przypadku konieczności stosowania odczynników należy pamiętać o specjalnej ich jakości tzn., że poziom ich zanieczyszczeń powinien być niższy niż w wodzie ultraczystej [30]. Do przemycania naczyń i urządzeń stosowanych przy oznaczeniach, należy używać wody ultraczystej, najlepiej bezpośrednio z instalacji produkcyjnej lub możliwie najkrócej przechowywanej i w odpowiednich warunkach.

Podstawowym parametrem, określającym jakość wody ultraczystej jest jej oporność, której wartość zależy od poziomu zanieczyszczeń mineralnych. Przy prowadzeniu tego pomiaru należy starać się o utrzymanie zawsze tej samej temperatury, gdyż niewielkie nawet jej zmiany są przyczyną znacznych błędów. Na rys. 3 przedstawiono wpływ temperatur na oporność wody przy różnych stężeniach NaCl [2].



Rys. 3 Wpływ temperatury na oporność wody przy różnych stężeniach NaCl

Do określenia zanieczyszczeń organicznych stosowane są zazwyczaj oznaczenia OWO oraz ChZT. Kontrolę procesu otrzymywania wody ultraczystej można prowadzić również poprzez oznaczenie utlenialności i pomiar absorpcji w ultrafiolecie [31], przy czym powtarzalne wyniki otrzymuje się dla tego samego charakteru obecnych w wodzie zanieczyszczeń organicznych. Z wymienionych metod na uwagę zasługuje pomiar absorpcji w ultrafiolecie, która jest metodą bardzo prostą i szybką [32], pozwalającą na oznaczanie „on line” oraz, co wymaga podkreślenia, potrzebna do tego celu aparatura jest dostępna w kraju. Ostatnim ważnym parametrem, określającym jakość wody ultraczystej jest wielkość i liczba cząstek nierozpuszczalnych zanieczyszczeń. Oznaczanie tych zanieczyszczeń prowadzi się zazwyczaj za pomocą tzw. licznika cząstek. W przypadku jego braku można stosować mikroskop optyczny z telewizorem [26].

Technologia wody ultraczystej jest problemem bardzo obszernym i złożonym. W artykule wzięto jedynie uwagę na wybrane zagadnienia, pozostawiając wiele z nich nie omówionych. Należą do nich np. wpływ rodzaju tworzywa, z którego wykonywane są urządzenia, aparaty i rury na jakość wody ultraczystej, automatyzacja i programowanie procesów i inne. Zagadnienia te powinny być zdaniem autora przedmiotem osobnego opracowania.

LITERATURA

1. K. C. MONZEGLIO: Clean Water — Some Practical Considerations. Solid State Technology, 1972, 2, p. 31—38.
2. G. P. SIMON, C. CALMON: Ultrapure Water for the Semiconductor and Microcircuit Industries. Solid State Technology, 1968, p. 21—30.
3. K. LIPIŃSKI: Otrzymywanie wody ultraczystej. Mat. Symp. Naukowego XXXV-lecie Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Szczecińskiej, 1981, s. 65—71.
4. A. L. KOWAL: Technologia Wody. Arkady, 1977.
5. K. LIPIŃSKI, J. KURNATOWSKA: Dekarbonizacja zasolonych wód w procesie ich utylizacji. Materiały Zjazdu PTChem Łódź, 1978, s. 407.
6. Patent PRL Nr 127046 opublikowany w 1984 r.
7. K. LIPIŃSKI, J. KURNATOWSKA: Wykorzystanie magnezu zawartego w wodzie do koagulacji zanieczyszczeń. Materiały z Konferencji pt. Intensyfikacja zaopatrzenia w wodę miast i osiedli. Katowice, 1985 (w druku).
8. K. LIPIŃSKI, J. KURNATOWSKA: Wstępne oczyszczanie wód kopalnianych w komorze wielofunkcyjnej przed ich odsoleniem metodą odwróconej osmozy. Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej 1979, 123, s. 85—92.
9. Studium zaopatrzenia szpitali w wodę wysokiej jakości dla celów medycznych. Instytut Inżynierii Wodnej Politechniki Szczecińskiej, 1983.
10. K. LIPIŃSKI, M. SZUBARGA: Odzysk wód popłucznych i zagęszczenie osadów otrzymywanych przy uzdatnianiu wód głębinowych. Materiały konferencyjne nt. Zagadnienia zaopatrzenia w wodę miast i wsi. Poznań, 1980, s. 206—213.
11. K. LIPIŃSKI, J. KURNATOWSKA: Zmniejszenie uciążliwości stacji uzdatniania wód dla środowiska poprzez wykorzystanie powstających osadów. Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej, 1980, 146, s. 361—368.

12. Patent PRL Nr 126647 opublikowany w 1984.
13. K. LIPIŃSKI, K. WILMAŃSKI: Usuwanie śladowych ilości zanieczyszczeń organicznych z wody dla celów specjalnych. Materiały konferencyjne nt. Współczesne problemy gospodarki wodno-ściekowej. Kołobrzeg, 1981. T II. s. 15—24.
14. K. LIPIŃSKI, K. WILMAŃSKI: Ocena adsorpcji zanieczyszczeń wody na węglu aktywnym metodą wskaźnikową z uwzględnieniem stężenia nieadsorbowanego. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 1984, 1, s. 28—36.
15. K. LIPIŃSKI, K. WILMAŃSKI: Próba określenia efektywności biologicznej w filtrach z węglem aktywnym podczas oczyszczania wody wodociągowej. IX Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna zaopatrzenia w wodę miast i wsi. Poznań, 1984. T II. s. 141—154.
16. K. LIPIŃSKI, K. WILMAŃSKI, K. KAŁUCKI: Próba wyznaczenia współczynników adsorpcji przy oczyszczaniu wody na węglu aktywnym. Oddane do druku Archiwum Ochrony Środowiska, 1985.
17. J. MOTYKA, K. LIPIŃSKI: Odsalanie przez destylację. Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej 1979, s. 15—40.
18. T. WINNICKI: Elektrodializa i piezodializa w odsalaniu wody i innych technologiach przemysłowych. Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej 1979, s. 41—59.
19. J. KĘPIŃSKI, K. LIPIŃSKI, N. CHLUBEK: Desalination of brackish mine waters by reversis osmosis. Proc. of 5-th Inter. Symp. Fresh water from the sea. Alghero 1976, p. 347—352.
20. J. KĘPIŃSKI, K. LIPIŃSKI: Pretreatment of brackish mine waters for desalting by reversis osmosis. Prac. of 6-th Inter. Symp. Fresh water from the sea. Las Palmas 1978, p. 391—394.
21. J. KĘPIŃSKI, K. LIPIŃSKI: Techniczna i ekonomiczna możliwość odsalania dolowych wód zasolonych z kopalni węgla kamiennego metodą odwróconej osmozy. Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej 1979, 123, s. 75—84.
22. Badanie i opracowanie technologii otrzymywania wody o wymaganiach specjalnych na bazie wód popłucznych zawieranych z przemysłu pokryw galwanicznych oraz wody wodociągowej. Politechnika Szczecińska, Instytut Inżynierii Wodnej 1980.
23. K. LIPIŃSKI, M. TRZEBIATOWSKA, E. ZIELIŃSKA: Próba otrzymywania wody ultraczystej z mieszaniny wody głębinowej i wód popłucznych z przemysłu pokryw galwanicznych. Oddano do druku w Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 1985.
24. Opracowanie nowoczesnej technologii uzdatniania wód i oczyszczania ścieków w zakładach podzespołów elektronicznych. Zad. 1. Część II. Politechnika Szczecińska, Instytut Inżynierii Wodnej, 1980.
25. K. LIPIŃSKI, E. JANIK, A. SOBIERAJ: Badanie dezynfekcji wody promieniami ultrafioletowymi w końcowej fazie uzdatniania wody. Materiały Sympozjum nt. Zaopatrzenie w wodę rejonu Szczecina. Szczecin, 1981, s. 173—187.
26. Opracowanie nowoczesnej technologii uzdatniania wód i oczyszczania ścieków w zakładach podzespołów elektronicznych. Zad. 1. Część III. Politechnika Szczecińska, Instytut Inżynierii Wodnej, 1981.
27. K. LIPIŃSKI, J. NEJRANOWSKI: Wpływ uziarnienia jonitu na wybrane parametry procesu wymiany w aspekcie złoża namywanego. Gaz, Woda i Technika Sanitarna (w druku).
28. Zgłoszenie patentowe PRL Nr 250260 (1984).
29. K. LIPIŃSKI, A. SZANIAWSKI: Próba zamknięcia obiegu wodnego w zakładach przemysłowych na przykładzie ZE „Kazel” w Koszalinie. Materiały IV Krajowego Sympozjum nt. Racjonalne gospodarowanie wodą w aglomeracjach miejsko-przemysłowych. Kraków, 1984, s. 155—164.
30. D. LAFENILLE, D. RODRE, E.M. JULEFF: Purity of Chemicals for Semiconductor Processing. Solid State Technology, 1975, 2, p. 43—48.

31. K. LIPIŃSKI, K. WILMAŃSKI: Metoda kontroli procesu adsorpcji zanieczyszczeń organicznych z wody na węglu aktywnym. Materiały II Sympozjum nt. Węgiel aktywny problemy badawcze i wdrożeniowe w gospodarce wodnej. Kraków, 1983, s. 84—94.

32. K. LIPIŃSKI, E. WILMAŃSKA, K. WILMAŃSKI: Zastosowanie absorpcji w ultrafiolecie do oceny adsorpcji zanieczyszczeń organicznych z wody na węglu aktywnym. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 1983, 11, s. 335—338.

K. Lipiński

Ultra-pure water technology

The recent development of electronic industries in Poland has directed the attention of environmental scientists and engineers to treatment technologies yielding ultra-pure water. The demands made on ultra-pure water in quality control are given. Ultra-pure water may be obtained by a three-stage process in-

volving pre-treatment, standard treatment and re-treatment. The pre-treatment stage consists of magnesium coagulation or iron removal on a triple-media filter bed. At the stage of standard treatment, attention is given to the removal of organics on activated carbon and by ultrafiltration, as well as to the removal of mineral pollutants is a two-step system. At the re-treatment stage, consideration is focused on the installation of treatment devices which act as silting filters and should be located in the immediate vicinity of the work-place.