ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1968
Seria: INŻYNIERIA SANITARNA z. 12 Nr kol. 212

KRYSTYNA KOWALSKA-JASKÓŁOWA
ALINA LEWANDOWSKA-SUSCHKOWA
Katedra Techniki Sanitarnej

OZNACZENIA BZT, CZT I UTLENIALNOŚCI W OCENIE ZANIECZYSZCZENIA WÓD I ŚCIEKÓW

Najczęściej stosowanymi wskaźnikami stopnia zanieczyszczenia ścieków i wód naturalnych są wartości otrzymywane z oznaczeń biochemicznego zapotrzebowania tlenu, utlenialności nadmanganianowej i chemicznego zapotrzebowania tlenu. Zadaniem tych oznaczeń jest określenie w pośredni sposób zawartości substancji organicznych, ulegających rozkładowi na drodze utlenienia.

Analizując informacje zaczerpnięte z literatury omawiające wyniki BZT, CZT i utlenialności, zaobserwować można tendencje do wzajemnego powiązywania uzyskiwanych rezultatów. Zazwyczaj autorzy starają się zastąpić biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT) przez chemiczne zapotrzebowanie tlenu (CZT), stosując do przeliczeń odpowiednie współczynniki [1, 5]. Próbuje się również ustalić zależność między utlenialnością i CZT, posługując się przy tym niejednokrotnie złożonymi formułami matematycznymi zawierającymi między innymi współczynniki odchyleń i błędy precyzji oznaczeń. W niektórych wypadkach próby te zakończone zostały pewnym sukcesem. I tak THOM [18], na podstawie znacznej liczby wyników analitycznych ustalił zależność między BZT_5 i CZT ścieków mleczarskich.

Tego rodzaju doniesienia stały się zachętą do niniejszego opracowania, którego jednym z celów miało być wykazanie zależności pomiędzy BZT, CZT i utlenialnością ścieków pochodzących z kilku zakładów przemysłowych. Poza tym w pracy podano dyskusję niektórych opinii spotykanych w literaturze dotyczących problemu współzależności CZT, BZT i utlenialności wód i ścieków.

Część doświadczalna

Z kilkunastu zakładów przemysłowych, znajdujących się na terenie Śląska, pobierano w odstępach kilkudniowych jednorazowe próby ścieków poprodukcyjnych. Próby wykonywano stale w tych samych studzienkach rewizyjnych kolektorów odprowadzających ścieki z zakładów do odbiornika wodnego.

Ogólną zawartość związków organicznych w badanych ściekach przemysłowych oznaczano jako BZT, CZT i utlenialność nadmanganianową. W celu wykluczenia możliwości odrębnej interpretacji i ułatwienia porównań z danymi literaturowymi posługiwano się metodyką ogólnie przyjętą.

Oznaczenie BZT_5 prowadzono metodą rozcieńczeń [4, 11, 17] CZT - oznaczono standartową metodą dwuchromianową [17]. Utlenialność oznaczano metodą nadmanganianową [4, 11].

Wyniki podawano jako średnie z trzech oznaczeń dla poszczególnych metod. Uzyskane wyniki oznaczeń ogólnej zawartości związków organicznych w badanych ściekach przemysłowych otrzymane przy pomocy trzech porównywanych metod podaje tablica I. Tablica ta zawiera także wartości otrzymane z matematycznych przeliczeń stosunków utlenialności do CZT, CZT do BZT_5 oraz BZT_5 do utlenialności.

Omówienie wyników

Wyniki obserwacji analitycznych podane w tabeli I, sugerują niemożność generalnego ustalenia wzajemnych powiązań między utlenialnością i CZT, CZT i BZT_5, wreszcie BZT_5 i utlenialnością badanych ścieków poprodukcyjnych. Zależności takie, możnaby próbować obliczać dla każdego rodzaju wód odpadowych oddzielnie. Wydaje się jednak, że nawet w takim wypadku do otrzymanych liczb należy podchodzić z dużą ostrożnością, bowiem mogą one stanowić tylko przypadkowe, choć niekiedy dość stałe korelacje matematyczne a nie funkcje logiczne.

Dla większości przebadanych ścieków poprodukcyjnych obliczone stosunki są różne nie tylko w zależności od rodzaju odpływów. Różne są także dla różnych poborów tych samych ścieków.

Tablica 1

Zawartość związków organicznych oznaczonych jako BZT_5, CZT lub utlenialność kilku rodzajów ścieków przemysłowych

Zakłady przemysłowe	Biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT) mg O_2/l	Chemiczne zapotrzebowanie tlenu (CZT) mg O_2/l	Utlenialność nadmanganianowa mg O_2/l	$\frac{CZT}{KMnO_4}$	$\frac{CZT}{BZT_5}$	$\frac{BZT_5}{KMnO_4}$
1	2	3	4	5	6	7
Spółdzielnia Przemysłu Ludowego - Ośrodek Włókienniczy	410	492	461	1,07	1,20	0,89
	70	105	100	1,05	1,50	0,70
	215	234	308	0,76	1,09	0,70
	204	810	680	1,19	3,97	0,30
	190	600	580	1,04	3,16	0,33
	190	580	555	1,04	3,05	0,34
Wytwórnia Wyrobów Metalowych	17	-	39	-	-	0,44
	6	20	17	1,18	3,33	0,35
	850	-	1420	-	-	0,60
	n.o.	1317	280	4,71	-	-
Tuczarnia	17	180	120	1,50	1,06	0,14
	150	176	90	1,96	1,17	1,67
	95	145	80	1,81	1,53	1,19
	98	121	100	1,21	1,24	0,98
	110	145	95	1,53	1,32	1,16
	572	820	265	3,09	1,43	2,16
Rafineria Nafty	300	519	159	3,26	1,73	1,89
	100	261	40	6,52	2,61	2,50
	30	378	84	4,50	12,60	0,36
	44	148	41	3,61	3,37	1,07
	28	297	28	10,60	10,60	1,00
	32	134	38	3,53	4,19	0,84
"Terpen"	531	450	135	3,33	0,85	3,94
	420	225	185	1,22	0,54	2,27
	350	320	125	2,56	0,92	2,80
	4590	2500	1400	1,79	0,55	3,28
	2400	2200	960	2,29	0,92	2,50
	980	460	315	1,46	0,47	3,11
	300	300	120	2,50	1,00	2,50
	480	800	510	1,57	1,67	0,94
	500	450	150	3,00	0,90	3,33
	4600	1766	1100	1,61	0,38	4,17
	1900	2650	700	3,78	1,40	2,72
	1210	960	450	2,13	0,96	2,69
	2200	1960	650	3,02	0,89	3,39
	3500	4928	3300	1,49	1,41	0,71
	1500	480	420	1,14	0,32	3,57
	1000	350	310	1,13	0,35	3,23
	1850	560	510	1,10	0,30	3,63
	1400	3360	2500	1,34	2,40	0,56
	320	160	90	1,78	0,50	3,56

Tablica 1

Zawartość związków organicznych oznaczonych jako BZT_5, CZT lub utlenialność kilku rodzajów ścieków przemysłowych

Zakłady przemysłowe	Biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT) mg O_2/l	Chemiczne zapotrzebowanie tlenu (CZT) mg O_2/l	Utlenialność nadmanganianowa mg O_2/l	$\frac{CZT}{KMnO_4}$	$\frac{CZT}{BZT_5}$	$\frac{BZT_5}{KMnO_4}$
1	2	3	4	5	6	7
Spółdzielnia Przemysłu Ludowego - Ośrodek Włókienniczy	410	492	461	1,07	1,20	0,89
	70	105	100	1,05	1,50	0,70
	215	234	308	0,76	1,09	0,70
	204	810	680	1,19	3,97	0,30
	190	600	580	1,04	3,16	0,33
	190	580	555	1,04	3,05	0,34
Wytwórnia Wyrobów Metalowych	17	-	39	-	-	0,44
	6	20	17	1,18	3,33	0,35
	850	-	1420	-	-	0,60
	n.o.	1317	280	4,71	-	-
Fabryka Sprzętu Elektrotechnicznego	17	180	120	1,50	1,06	0,14
	150	176	90	1,96	1,17	1,67
	95	145	80	1,81	1,53	1,19
	98	121	100	1,21	1,24	0,98
	110	145	95	1,53	1,32	1,16
	52	100	65	1,54	1,93	0,80
	18	20	18	1,11	1,25	0,89
	84	121	90	1,35	1,44	0,93
	5	29	18	1,61	5,80	0,28
	5	41	21	1,95	8,20	0,24
	6	36	25	1,44	6,00	0,24
	5	35	22	1,59	7,00	0,23
	n.o.	249	2400	0,10	-	-
	n.o.	707	75	1,03	-	-
Zakłady Przemysłu Zapałczanego	150	176	87	2,02	1,17	1,72
	160	450	105	4,28	2,81	1,52
	160	110	93	1,18	0,69	1,72
	75	139	107	1,30	0,52	1,85
	597	887	150	2,13	1,49	1,43
	497	96	306	0,31	0,19	1,62
	750	1740	5000	0,35	2,32	0,15
Fabryka Papieru Zakład Tektury	332	1210	367	3,30	3,62	0,91
	192	950	349	2,73	4,95	0,55
	32000	34500	17250	2,00	1,08	1,85
	7200	19400	17200	1,13	2,70	0,42
Kopalnia Węgla Kamiennego	122	343	53	6,48	2,81	2,30
	113	251	43	5,84	2,22	2,63
	138	497	89	5,60	3,60	1,55
	142	403	67	6,02	9,61	2,12
	256	472	400	1,18	1,85	0,64
	220	472	116	4,07	2,15	1,89
	208	456	220	2,07	2,19	0,95
Zakłady Elementów Żużlobetonowych	14	432	165	2,62	30,90	0,85
	16	470	176	2,67	29,35	0,91
	15	456	165	2,77	30,40	0,91
	15	561	62	9,05	37,40	0,24
	22	525	71	7,40	23,85	0,31
	18	539	67	8,05	29,90	0,27
	24	441	22	2,01	18,40	1,09
Zakłady Rowerowe	22	138	107	1,29	6,27	0,21
	50	220	97	2,27	4,40	0,52
	17	40	19	2,10	2,35	0,90
	32	105	85	1,24	3,28	0,38
	14	60	55	1,09	4,28	0,25
	54	362	72	5,03	6,71	0,75
	36	190	65	4,47	8,06	0,55
	395	217	475	0,48	0,55	0,83
	960	1190	1120	1,08	0,12	0,86
Parowozownia	9	61	14	4,36	6,78	0,64
	12	190	56	3,40	15,85	0,21
	11	133	56	2,38	12,09	0,20
	74	104	52	2,00	1,41	1,42
	48	80	48	1,67	1,67	1,00
	87	676	440	1,54	7,78	0,20
Zakłady Mięsne Tuczarnia	615	860	286	3,00	1,40	2,15
	572	820	265	3,09	1,43	2,16
Rafineria Nafty	300	519	159	3,26	1,73	1,89
	100	261	40	6,52	2,61	2,50
	30	378	84	4,50	12,60	0,36
	44	148	41	3,61	3,37	1,07
	28	297	28	10,60	10,60	1,00
	32	134	38	3,53	4,19	0,84
"Terpen"	531	450	135	3,33	0,85	3,94
	420	225	185	1,22	0,54	2,27
	350	320	125	2,56	0,92	2,80
	4590	2500	1400	1,79	0,55	3,28
	2400	2200	960	2,29	0,92	2,50
	980	460	315	1,46	0,47	3,11
	300	300	120	2,50	1,00	2,50
	480	800	510	1,57	1,67	0,94
	500	450	150	3,00	0,90	3,33
	4600	1766	1100	1,61	0,38	4,17
	1900	2650	700	3,78	1,40	2,72
	1210	960	450	2,13	0,96	2,69
	2200	1960	650	3,02	0,89	3,39
	3500	4928	3300	1,49	1,41	0,71
	1500	480	420	1,14	0,32	3,57
	1000	350	310	1,13	0,35	3,23
	1850	560	510	1,10	0,30	3,63
	1400	3360	2500	1,34	2,40	0,56
	320	160	90	1,78	0,50	3,56

Stwierdzone rozbieżności omawianych stosunków są konsekwencją różnego stopnia utleniania składników zanieczyszczeń. Wynikają one także ze zmiennego stężenia poszczególnych organicznych substancji (na przykład "Kontakt", F-ka Kabli). Ta obserwacja potwierdza spostrzeżenia notowane w literaturze. Niejednokrotnie wykazywano [5, 10, 14, 21], że różne substancje organiczne w zmiennym stężeniu utleniają się niejednakowo za pomocą różnych utleniaczy. Również temperatura, w której prowadzi się badania ma tu duże znaczenie [14]. Trudno zatem przypuszczać, aby stosunek substancji utleniających się w określonym stopniu przez różne utleniacze pozostał stały przy istotnych zmianach stężenia zanieczyszczeń. Dlatego też rozpatrując wyniki uzyskane na przykład dla ścieków Zakładów Chemicznych "Terpen" nawet nie spodziewano się braku rozbieżności w stosunku CZT do utlenialności lub BZT_5. Zaznaczyło się to przy znacznych wahaniach wartości utlenialności spowodowanych przez różnorodność cyklu produkcyjnego.

Jedyna ogólnie zaobserwowana regularność występująca we wszystkich badanych odpływach dotyczyła stosunkowo mniejszego przyrostu utlenialności aniżeli przyrost wartości CZT, wraz ze wzrostem stopnia zanieczyszczenia ścieków. Spowodowane to było wzrostem stopnia zanieczyszczenia ścieków przez trudniej utlenialne związki organiczne.

Dwa rodzaje ścieków spośród analizowanych, mianowicie odpływy z Tuczarni Świń oraz ścieki z łaźni Kopalni Węgla "Silesia" wykazały charakter bardziej jednorodny. Uzyskane wyniki CZT i BZT były w dość szerokich granicach zgodne z obserwacjami THOMA [18] i JURKIEWICZA [6] nad ściekami mleczarskimi i sanitarnymi. Wartości BZT_5 stanowiły tu 35 do 80% wartości CZT.

Niemożność ustalania stałej współzależności między otrzymanymi wielkościami analitycznymi wydaje się być jednak prawidłowa. Próby uzależnienia wartości CZT od utlenialności czy BZT albo też na odwrót - BZT od pozostałych wielkości, w zasadzie mają ograniczone podstawy teoretyczne.

Wiadomo, że główną rolę w rozkładzie i transformacji tlenowej substancji organicznych w przyrodzie odgrywają mikroorga-

nizmy. W zależności od stopnia trwałości związków organicznych wobec działania enzymów drobnoustrojowych rozróżnia się postacie trwałe i nietrwałe substancji organicznych. Podział ten prawdopodobnie wynika ze struktury związków organicznych oraz ilości i usytuowania grup funkcyjnych. Istnieją jednak różne czynniki [10], które utrudniają stworzenie prostych zasad opisujących metabolizm bakteryjny związków organicznych tylko jako funkcję struktury, zawartości grup funkcyjnych w drobinie, czy rozmiaru tych drobin.

Podziałowi temu nie odpowiada także zachowanie się związków organicznych podczas działania utleniaczy, na przykład nadmanganianu potasu. Stopień tlenowego rozkładu związków organicznych uzyskiwany przy utlenianiu nadmanganianem potasu jest różny. Węglowodany, kwasy organiczne, aminokwasy - łatwo przyswajalne przez drobnoustroje, należą do związków dość trwałych wobec działania $KMnO_4$. Z kolei związki tak trwałe, szczególnie w większych stężeniach, na działanie mikroorganizmów jak kwasy humusowe czy fenol, wykazują dużą utlenialność nadmanganianową [2, 15].

Inny wskaźnik stopnia zanieczyszczenia wód przez związki organiczne - biochemiczne zapotrzebowanie tlenu - w rzeczywistości jest pośrednim wskaźnikiem działalności rozmnażających się drobnoustrojów w zamkniętych naczyniach pomiarowych. Od aktywności drobnoustrojów zależy szybkość i stopień utleniania nietrwałych substancji organicznych znajdujących się w badanych próbach. Te, zupełnie różne mechanizmy reakcji utlenienia są przyczyną braku powiązania pomiędzy wynikami utlenialności nadmanganianowej i oksydatywną aktywnością heterotrofowych mikroorganizmów w tych samych próbach wody [9] - biochemicznego zapotrzebowania tlenu (BZT).

Analizując przebieg procesu BZT w warunkach prawidłowo przeprowadzonego badania laboratoryjnego, należy zwrócić uwagę na zjawisko silnego i szybkiego zwiększenia się liczebności mikroorganizmów heterotrofowych w izolowanych próbach wody. Fenomen ten jest tematem wielu prac [3, 7, 19, 20, 22, 23, 24]. Zaobserwowano mianowicie, że ilość bakterii hetero-

trofowych znajdujących się w zamkniętych naczyniach, już w pierwszych dniach inkubacji powiększa się setki i tysiące razy silniej w porównaniu z próbami nieinkubowanymi. Tak duże zwiększenie biomasy bakteryjnej zdaniem cytowanych autorów, zachodzi głównie wskutek tej części biomasy drobnoustrojowej, która wykorzystuje dla swych procesów życiowych różne biologiczne nietrwałe substancje organiczne. ZoBELL [24] uważa że spontaniczne rozmnażanie się mikroorganizmów heterotrofowych w butelkach zawierających próby wody jest wynikiem adsorpcji związków organicznych na ściankach butelek. Zawartość niektórych biologicznie nietrwałych związków organicznych w wodach powierzchniowych jest często znikoma. Akumulacja tych związków będąca właśnie rezultatem zjawisk adsorpcyjnych na wewnętrznej powierzchni naczyń, może uczynić je dostępnymi dla organizmów heterotrofowych. Tezę tą rozwijają KRISS i MARKIANOWICZ [7] dowodząc, że na powierzchni rozdziału faz szkło - woda, istnieje koncentracja substancji organicznych. Występuje też transformacja trwałych postaci związków organicznych w formy, które mogą ulegać asymilacji przez organizmy heterotrofowe. Podobnie sądzi PCZELIN [12], wykazując, że na granicy faz zachodzi denaturacja substancji białkowych, które w tym stanie łatwiej ulegają hydrolizie enzymatycznej.

Jak zatem, w świetle przytoczonych poglądów, należy ocenić BZT_5, jako metodę oznaczania ogólnej zawartości związków organicznych w roztworach wodnych?

Metoda ta, jak wiadomo ma określić ilość tlenu potrzebną na utlenianie substancji organicznych na drodze biochemicznej w pewnym przedziale czasu. Próby badanej wody znajdują się w zamkniętych butelkach. Zazwyczaj szybkość zużywania tlenu, początkowo jest bardzo duża, po kilku dniach zmniejsza się. Jednak nawet po upływie kilku miesięcy [8] zapotrzebowanie tlenu nie kończy się. W czasie tego zjawiska występuje ścisły związek między dynamiką procesu zużywania tlenu i dynamiką procesu wzrostu mikroorganizmów w izolowanych próbach wody. Szybkie rozmnażanie drobnoustrojów przebiega w pierwszych dniach przechowywania prób, później zaś następuje wolniejszy ich rozwój.

Podobnych zjawisk nie obserwuje się w naturalnych warunkach biologicznej degradacji związków organicznych - w zbiornikach wodnych. Słuszne na tej podstawie, wydaje się stwierdzenie SKOPINCEWa [16], że wyniki oznaczeń BZT po 5-10 dniach w żadnym wypadku nie mogą być wykorzystywane dla określenia rozmiarów i szybkości zużycia tlenu w zbiornikach wodnych z których pobierano wodę do badań. Ten sam wniosek wynika z badań KRISSa [7], który nawet po 6 miesiącach przechowywania wody w butelkach wykrywał w nich ilości organizmów heterotrofowych przewyższające setki i tysiące razy ilość mikroorganizmów znajdujących się w analogicznych objętościach lecz w wodzie pobranej bezpośrednio z jezior czy mórz. W tym wypadku wartości BZT wykazywały, że proces biochemicznego zapotrzebowania tlenu zachodzi nadal, kosztem trwałych substancji organicznych transformowanych na powierzchni rozdziału faz (szkło-woda) w formy bardziej dostępne enzymom organizmów heterotrofowych.

Co ciekawsze, istnieją wypadki [8, 16], że posiewając wodę w analizie mikrobiologicznej, z tej samej próby lecz znajdującą się w kilku butelkach, otrzymywano różne gatunki mikroorganizmów. Prawdopodobnie w okresie przechowywania wody nastąpiło rozmnożenie tych gatunków drobnoustrojowych, które w naturalnym środowisku wodnym były wypierane przez inne gatunki. Możliwe też, że istnieją jeszcze jakieś nieznane czynniki, które w niektórych wypadkach mogą doprowadzić do rozmnożenia w różnych butelkach różnych gatunków bakterii.

Z powyższych rozważań wynika, że jedynym pozytywnym rezultatem oznaczenia BZT jest to, że uwidacznia on możliwości i ewentualny kierunek przebiegu procesu biologicznej degradacji zanieczyszczeń organicznych. Niesłuszne jest zatem "mechaniczne" porównywanie otrzymanych wyników oznaczeń BZT z wynikami innych badań zawartości związków organicznych: CZT, utlenialności. Wątpliwe musi być także obliczenie na podstawie tych oznaczeń wielkości niektórych urządzeń do oczyszczania ścieków.

W wypadku oznaczania ogólnej zawartości związków organicznych w ściekach problem jeszcze bardziej się komplikuje. Po-

mijając już zjawiska, które dotychczas przytoczono, i które są także aktualne dla ścieków - występuje tu dodatkowy czynnik. Oznaczenie BZT wykonuje się mianowicie na drodze rozcieńczenia badanej próbki. Niejednokrotnie rozcieńczenie to wynosi kilka tysięcy razy w stosunku do pobieranej objętości badanego roztworu. Można wtedy, nawet dla silnie toksycznych ścieków, które w normalnym stanie nie wykazują BZT, otrzymać wartości BZT. Podobnych zresztą przykładów dostarczają fenol, krezole, detergenty. W większości bowiem przypadków duże rozcieńczenie tych związków, nawet silnie toksycznych w wyższych stężeniach, nie wpływa ujemnie na wzrost i rozwój mikroorganizmów powodujących tlenowy rozkład substancji organicznych. Wręcz przeciwnie, mikroilości niektórych jonów metali ciężkich [10] czy też oleji i tłuszczy [13] mogą stymulująco działać na wzrost mikroorganizmów.

Wyniki powtarzalne i miarodajne - najbardziej zbliżone do teoretycznego zapotrzebowania tlenu przez związki organiczne można uzyskać przez utlenianie tych substancji silnymi utleniaczami, takimi jak dwuchromian potasu czy jodek potasu.

Nie wydaje się jednak aby istniała możliwość i potrzeba transponowania uzyskanych rezultatów na wartości BZT_5 czy też utleniania nadmanganianowego. Należy przy tym pamiętać, że samo chemiczne zapotrzebowanie tlenu (CZT) nie może jeszcze stanowić podstawy dla pełnej oceny stopnia zanieczyszczenia wód i ścieków. Dopiero kompleksowe rozpatrywanie składników tych zanieczyszczeń dałoby gwarancję prawidłowej ochrony zbiorników wodnych przez zanieczyszczeniem.

Słusznym też byłoby sporządzenie wykazu standartowych oznaczeń charakteryzujących pod względem szkodliwości ścieki z poszczególnych gałęzi przemysłu.

Streszczenie

Na podstawie własnych badań oraz w oparciu o tematycznie związane piśmiennictwo przeprowadzono krytyczną ocenę możliwości określenia matematycznych i logicznych zależności pomiędzy biochemicznym zapotrzebowaniem tlenu (BZT), chemicz-

nym zapotrzebowaniem tlenu (CZT) i utlenialnością. Stwierdzono, że próby takie muszą być skazane na niepowodzenie ponieważ reakcje przebiegające w czasie tych oznaczeń jak i działanie samych odczynników utleniających substancje organiczne jest różnorodne i nieporównywalne.

LITERATURA

[1] BALLINGER D.G., LISHKA R.J.: "Reliability and precision of BOD und COD determinations" J. Water Pollut. Control. Federat. 33, 470 (1962).

[2] DZIADZIO A.: "Istinnaja okislajemost stocznych wod i metod jejo opredielenija", Wodosnab. i sanit. technika 8-9, 117, (1938).

[3] FRED E.: "The distribution and significance of bacteria in Lake Mendota" - Ecology, I, 322, (1924).

[4] HERMANOWICZ, "Fizycznochemiczne badania ścieków miejskich i osadów ściekowych" - Arkady, W,wa (1967),

[5] HOLLUTA J., HOCHMULLER K.: "Untersuchungen über die Bestimmung der Oxydierbarkeit vom Wasser und Abwasser" - Vom Wasser 26, 146 (1956).

[6] JURKIEWICZ J.: "Uwagi na temat wielkości ChZT w ściekach sanitarnych i przemysłowych" - Gaz Woda i Techn. Sanit. 38, 218 (1964).

[7] KRISSA., MARKIANOWICZ E.: "O dostupnosti wodnowo gumusa w morje dla isspolzowanija mikroorganizmami" Mikrobiołogia 28, 399, (1959).

[8] KRISS A.E.: "Mikrobnoje nasielenije mirowowo okieana" Izd. Nauka, Moskwa, (1964).

[9] LIEBIEDIEWA M.: "Mikrobiołogiczeskije raboty wo wremija wtoroj morskoj antarkticzeskoj ekspedicji" - Trudy oewostop. biołog. stancji 12, 3, (1959).

[10] LUDZACK F.J., ETTINGER M.M.: "Chemical structures ressistant to aerobic biochemical stabilization" - J. Water Pollution Control Federat 32, 1173 (1960).

[11] ŁURIE J.J., RYBNIKOWA A.: "Chemiczeskij analiz proizwodstwiennych stocznych wod" - Goschimizdat, Moskwa (1966).

[12] PCZELIN W.N.: "Powierchnostnyje swojstwa biełkowych wieszczestw" - Izd. Nauka, Moskwa (1951).

[13] PETTIT E.J. MILIS E.V.: "Biological treatment of cyanides with and without sewage" - J. Appl. Chem. 4, 410 (1954).

[14] PITTER P., SE-KVAN-SON: "Stanoveni oxydovatelnosti metodou dvojohromanovou a jodionanovou" - Sbornik Wys. Sk. chem.-technol. w Praze 5, 285 (1961).

[15] SKOPNICEW B., MICHAJŁOWSKA L.: "O kaczestwiennoj charakteristikie organiczeskich wieszczestw prirodnych wod" - Gidrochim. materiał. 14, 108, (1948).

[16] SKOPINCEW B.A.: "Organiczeskoje wieszczestwo w prirodnych wodach" - Trudy Gos. Okieanogr. Inst. 17, (1950).

[17] STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER and WASTEWATER - - Wyd. 11 New Jork (1961).

[18] THOM R.: "Przydatność metody dwuchromianowej jako sposobu określenia stopnia zanieczyszczenia ścieków - Gaz Woda i Techn. Sanit. 34, 477 (1960).

[19] WAKSMAN S., CAREY C.: "Decomposition of organic matter in sea water by bacteria. 1. Bacterial multiplication in stored sea water" - J. Bact. 29, 531, (1935).

[20] WHIPPLE G; "Changes that take place in the bacterial contents of waters during tranportation" - Techn. Quart. 14, 21, (1901).

[21] ZDYBIEWSKA M.: "Oznaczanie chemicznego zapotrzebowania tlenu w ściekach" - Gaz Woda i Techn. Sanit., 34, 254, (1960).

[22] ZoBELL C., FEITHAM C.: "Preliminary studies on the destribution a. charakteristics of marine bacteria" Bull. Scripps Inst. Oceanogr. Techn. Ser. 3, 279, (1934).

[23] ZoBELL C., ANDERSON D.: "Observations on the multiplication of the bacteria in different volumes of stored sea water a. the influence of oxygen tension and solid surfaces" - Biol. Bull. 71, 314 (1936).

[24] ZoBBELL C.: "Marine microbiology". Waltham, Massach (1946).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БПК, ХПК И ОКИСЛЯЕМОСТИ ПРИ ОЦЕНКЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ И СТОЧНЫХ ВОД

Р е з ю м е

На основании собственных исследований и на базе тематически связанной литературы проведено критическую оценку возможности определения математических и логических зависимостей между биохимическим потреблением кислорода (БПК), химическим потреблением кислорода (ХПК) и окисляемостью. Констатировано, что такие испытания безусловно оказанные на неудачу, так как проходящие реакции во время этих определений как и действие тех же реагентов окисляющих органические субстанции разновидны и несравнимы.

DETERMINATION OF BOD, COD AND PERMANGANATE VALUE IN THE ESTIMATION OF WATER AND WASTE WATER POLLUTION

S u m m a r y

The performed experiments and literature informations were the basis for a critical discussion of the meaning of the mathematical and logical dependences between BOD, COD and permanganate values of different industrial wastes.

It was stated, that such trials are unsuccessful because of the different reactions occuring during the performanence of those determinations.