

113.

Inż. ALEKSANDER SZNIOLIS.
Państwowa Szkoła Higieny w Warszawie.

DEZYNFEKCJA WODY.

Odbitka z „Przeglądu Technicznego“.

WARSZAWA
1927

BIBLIOTEKA
WYDZIAŁU ARCHITEKTURY
Politechniki Warszawskiej

A
639

1.

Inż. ALEKSANDER SZNIOLIS.
Państwowa Szkoła Higieny w Warszawie.

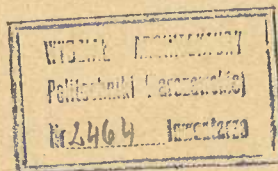
DEZYNFEKCJA WODY.

Odbitka z „Przeglądu Technicznego”.



628.16

WARSZAWA
1927



I. O potrzebie dezynfekcji wody.

Sprawa dostarczania ludności dobrej i pewnej pod względem zdrowotnym wody nie przestaje zajmować umysłów wszystkich higienistów i techników, mających ścisły związek z tem zagadnieniem, pomimo widocznych dużych postępów, dokonanych w przeciągu ostatnich dziesięcioleci, tak w samej technice oczyszczania, jak i w naukowej kontroli jakości wody.

Z punktu widzenia zdrowia publicznego, sprawa ta ma przede wszystkim największe znaczenie dla wszystkich urzędów publicznych do zaopatrywania ludności w wodę, bądź to centralnych wodociągów miejskich, od których zależy zdrowie tysięcy ludzi, bądź to jednostkowych, lecz o wybitnym charakterze publicznym, jak np. w szkołach, na dworcach kolejowych, w pociągach, restauracjach i t. p., których zakażenie spowodować może rozniesienie choroby na bardzo znaczny obszar.

Z drugiej strony, sprawa dokładnego oczyszczania wody nabiera coraz większego znaczenia, gdyż siłą rzeczy zaczynamy operować wodami coraz bardziej zanieczyszczonymi, w wyniku zwiąk-

szającego się zaludnienia i uprzemysłowienia kraju, co powoduje nie tylko zanieczyszczenie wód powierzchniowych, lecz również gleby, a tem samem i wód gruntowych.

Wiemy, że głównem niebezpieczeństwem, jakie nam grozi ze strony wody do picia, są bakterje chorobotwórcze, które mogą być zawarte w wodzie zanieczyszczonej lub niedokładnie oczyszczonej, i że jedynym najlepszym wskaźnikiem ich możliwej obecności w wodzie jest obecność w większej ilości B. Coli.

Higjeniści bakterjologicy przeto, chcąc zapewnić konsumentom jaknajlepszą pod względem zdrowotnym wodę, stawiają coraz większe i bardziej surowe wymagania co do ilości B. Coli, zawartych w wodzie.

Tak np. Amerykanie, którzy w sprawie zaopatrywania ludności w wodę stoją wśród innych narodów niewątpliwie na pierwszym miejscu, wymagają w swoich standartach, żeby woda przeznaczona do picia nie zawierała stale więcej ponad 2 B. Coli w 100 cm^3 wody i udowadniają, że ryzyko powstające przy używaniu takiej wody nie jest większe, aniżeli ryzyko, na które człowiek jest narażony w codziennem życiu.

Z drugiej strony, norma ta jest ograniczona istniejącemi w chwili obecnej urządzeniami i sposobami oczyszczania wody, które nie zawsze pozwalają na otrzymanie lepszych wyników.

To minimum wymagań (2 B. Coli w 100 cm^3 wody), ustalone w standartach amerykańskich na podstawie wieloletnich badań teoretycznych i praktycznych, jest jednak bardzo surowem wymaganiem, jeżeli chodzi o praktyczne doprowadzenie składu bakteryjnego wody do tych granic i o stałe utrzymanie jego na tym poziomie. Każdy technik, który prowadzi zakład oczyszczania wody i zmuszony jest utrzymać skład bakteryjny wody w

granicach wymaganych, spotyka się z dwoma trudnemi zagadnieniami:

1) jakie sposoby ma zastosować do oczyszczania wody i

2) jak prowadzić te procesy oczyszczania wody oraz jak kontrolować sprawność ich działania, żeby mieć zagwarantowaną pewność, że woda, dostarczona konsumentom, stale odpowiada tym wymaganiom.

Drugie zagadnienie jest trudniejsze niż pierwsze. Bakterjologia, jak dotychczas, nie podaje zupełnie sposobu, który mógłby dać szybką odpowiedź na pytanie, czy woda, którą w tej chwili tłoczy się do rurociągu miejskiego, odpowiada postawionym wymaganiom.

Odpowiedź na to pytanie przychodzi najwcześniej po 24 godz., jeżeli wynik jest ujemny, i dopiero po 3—6 dniach, jeżeli jest dodatni, — t. zn. odpowiedź jest wówczas, kiedy woda dawno została już skonsumowana, a zatem traci ona na swojej wartości praktycznej.

Tymczasem w złożu filtru mogą powstać rozmaite zjawiska i procesy, które zmieniają niekorzystnie skład wody w bardzo krótkim czasie. Do takich zjawisk należą: pęknięcie złoża piasku, co zachodzi często w filtrach szybkobieżnych, przerwanie się błony biologicznej w filtrach powolnych, powstanie łatwych dróg przy ścianach filtru i szeregu innych. To wszystko może spowodować przedarcie się do wody filtrowanej większych ilości bakteryj, wśród których nie są wykluczone bakterje chorobotwórcze.

Z drugiej strony, przez złoża filtru przechodzą w równej mierze wszystkie rodzaje bakteryj, a ilość ich w przesączu zależy od ilości ich w wodzie surowej. Wiemy, że filtry powolne, prowadzone wzorowo, zatrzymują najwyżej 99,5—99,9% bakteryj, filtry zaś szybkobieżne przeciętnie zatrzy-

mują zaledwie około 80%. Ta zdolność zatrzymywania bakterij przez filtr waha się również w zależności od okresu, obciążenia filtru, stopnia jego dojrzałości i innych przyczyn.

Jasne jest zatem, że nie możemy polegać całkowicie na zdolności oczyszczającej filtru w stosunku do bakterij i uważać filtracji za ostatni etap oczyszczania wody. To zmusza nas do zastosowania takiego procesu dodatkowego, który nie tylko zniszczy w wodzie wszystkie niepożądane bakterie, lecz da pewność, że te bakterie, które mogły przedostać się z filtru w większej lub mniejszej ilości, napewno zostały zniszczone, zanim woda dostarczona będzie konsumentom.

Inne jeszcze względy, natury ekonomiczno-technicznej, zmuszają do wprowadzenia „podziału pracy” w oczyszczaniu wody.

Jednym z głównych zadań filtru jest usuwanie z wody drobnych zawiesin, ciał półkoloidalnych i częściowo koloidalnych, które nie mogą być usunięte w drodze osadzania, zarazem zatrzymuje się również większość bakterij. Przy zastosowaniu większych szybkości filtracji (do pewnych granic), proces zatrzymywania drobnych zawiesin i ciał półkoloidalnych odbywa się równie dobrze, lecz zatrzymywanie bakterij znacznie się zmniejsza. Wynika z tego, że zupełnie racjonalne byłoby zwolnienie filtru od tej czynności zatrzymywania bakterij w tak wysokim stopniu, a pozostawienie mu tylko jednej, zasadniczej — klarowania wody. Tak samo jak nieekonomiczne będzie podawanie wody surowej wprost na filtr bez poprzedzającego osadzania, które ma na celu usunięcie grubszych zawiesin, tak samo nieekonomiczne jest zwalnianie szybkości filtracji w celu zatrzymania większej ilości bakterij. Trzeba te czynności podzielić, a wówczas będziemy mogli bardziej intensywnie eksploatować filtry, najdroższą część inwestycji zakładu

wodnego, proces zaś usuwania bakterij przełożyć na nową operację, specjalnie do tego zastosowaną i dając max. wyniki.

Zadaniem artykułu niniejszego będzie rozpatrzenie najbardziej celowych sposobów usuwania z wody niepożądanych bakterij, czyli sposobów dezynfekcji wody.

Przez dezynfekcję wody rozumieć należy nie kompletne wyjąłowanie wód, t. zn. zabicie wszystkich rodzajów bakterij i ich zarodków, znajdujących się w wodzie, co nigdy nie zachodzi w zastosowaniu praktycznym tych lub innych sposobów, lecz zniszczenie tylko tych rodzajów bakterij, których obecność w wodzie jest niepożądana z punktu widzenia higienicznego.

II. Ozonowanie wody.

Jednym z pierwszych sposobów dezynfekcji wody, jaki znalazł szerokie zastosowanie na kontynencie Europy, był sposób ozonowania wody. Sposób ten polega na bezpośrednim działaniu ozonu na bakterie. Proces ten można podzielić na dwie fazy: wytwarzanie ozonu i mieszanie go z wodą, czyli ozonowanie właściwe.

Ponieważ wilgotność powietrza wpływa ujemnie na wytwarzanie się ozonu, powietrze osusza się uprzednio tak, aby nie zawierało więcej pary wodnej niż 2—3 g w 1 m³. W tym celu stosuje się albo wymrażanie powietrza przy temperaturze —6°C do —12°C, lub też osuszanie chlorkiem wapnia, co jest mniej właściwe. Powietrze osuszone przechodzi następnie przez specjalne aparaty, w których pod wpływem cichego wyładowania elektrycznego o dużym napięciu (10 000—20 000 V) tlen powietrza przetwarza się częściowo w ozon. Ilość ozonu w 1 m³ powietrza może być doprowadzona do 8 g, lecz tak wysokie stężenie powoduje małą wydajność aparatu, wobec czego praktycznie

doprowadza się ilość ozonu w 1 m³ powietrza do 2—3 g, max. 5 g.

Następną fazą procesu jest mieszanie powietrza ozonowanego z wodą. Ponieważ działanie ozonu, jako środka dezynfekcyjnego, jest oparte na bezpośrednim kontakcie jego z bakteriami, bardzo ważne jest rozdrobnienie powietrza na możliwie małe pęcherzyki i b. dokładne przemieszanie ich z wodą. Wadliwe lub kosztowne działanie wielu urządzeń polegało przeważnie na niedostatecznym lub nieracjonalnym przebiegu mieszania.

Woda poddawana ozonowaniu winna być przezroczystą, pozbawioną zawiesin i zabarwienia. Wymaga to często zastosowania poprzedzającej filtracji, ewentualnie koagulacji i filtracji. Urządzenia do wytwarzania ozonu i następnego ozonowania wody są niezmiernie duże, skomplikowane i niezwykle kosztowne. Koszt eksploatacji również jest bardzo duży.

Dla odpowiedniej dezynfekcji wody, używa się od 1 do 5 gramów ozonu na 1 m³ wody, w zależności od jej charakteru. Przy takim dozowaniu, dezynfekcja 1000 m³ wody wymaga zużycia od 40—200 kWh energii elektrycznej wyłącznie na wytwarzanie ozonu, co wpływa na duży koszt tego procesu.

Tak naprz. w Petersburgu, na ozonowanie 1000 m³ wody, przy dawce ozonu 1,2 g na 1 m³ wody, zużywano tylko na wytworzenie ozonu 49 kWh, co przy cenie 1 kWh — 4,5 kop. wynosiło 2 rb. 20 kop. Koszt zaś całkowity oczyszczania wody wynosił około 13 rb. na 1000 m³ wody. Nic więc dziwnego, że proces ozonowania, który przed 10 laty był bardzo rozpowszechniony w Europie, szybko zaczął zniknąć z widowni, z chwilą, gdy wynaleziono inny proces, niewspółmiernie tańszy i prostszy.

W r. 1919 około 70 miast w Europie stosowa-

ło ozonowanie wody w swych zakładach wodociągowych, a wśród nich takie miasta, jak Paryż, które ozonowało wodę w ilości 40 000 m³ na dobę, Petersburg — 65 000 m³ na dobę, Wiesbaden, Madryd i szereg innych. Dzisiaj już większość zaniechała tego sposobu, przechodząc całkowicie do chlorowania wody. Dobrym przykładem może być dla nas Paryż, w którym wspaniałe wyekwipowany olbrzymi zakład ozonowania zamknięto na klucz i zastąpiono kilku dozującymi aparatami do chlorowania, zajmującymi zaledwie kilka m² powierzchni w budynku prowizorycznym.

III. Naświetlanie promieniami pozafioletowymi.

Drugi sposób dezynfekcji wody, który znalazł szersze zastosowanie praktyczne, oparty jest na naświetlaniu promieniami pozafioletowymi.

Działanie bakterjobójcze promieni świetlnych rozpoczyna się już wyraźnie przy długości fali = 430 $\mu\mu$, czyli odpowiadającej barwie niebieskozielonej widma, i potęguje się coraz bardziej w miarę zmniejszania się długości fali.

Jak wiadomo, oko ludzkie nie reaguje na drgania wolniejsze, niż 392 miljardy na sek. (promienie ciepłe) i na szybsze aniżeli 757 miliardów na sek. (promienie pozafioletowe, dl. fali < 380 $\mu\mu$). Niektóre związki chemiczne również ulegają wpływowi krótszych promieni świetlnych i pozafioletowych i nie zmieniają się pod wpływem promieni ciepłych. Podobne działanie mają promienie pozafioletowe, na żywe komórki bakterij, które pod ich wpływem tracą narazie zdolności rozrodcze, a przy dłuższym naświetlaniu — giną.

Zdolność przenikania promieni w głąb rozmaitych ciał zależy od rodzaju samego ciała i naogół zmniejsza się w miarę zmniejszenia długości fali.

(Dla promieni o bardzo krótkiej fali, jak prom. Röntgen'a i promienie γ (0,01 — 0,001 $\mu\mu$) ustosun-

kowanie jest odwrotne: im krótsza fala — tem lepiej przenika).

Promienie, które trafiają na ciała dla nich nieprzenikliwe lub częściowo przenikliwe, ulegają — jak wiemy — w całości lub w części absorbcji, przyczem energia tych promieni przetwarza się na inny rodzaj energii — cieplnej, chemicznej i t. d.

Niżej przytoczone są niektóre dane, dotyczące absorbcji promieni przez różne ciała, mające znaczenie przy dezynfekcji wody.

TABELA I.

Tworzywo	Grubość warstwy mm	% absorbowanych promieni	Długość fali promieni badanych	Badania dokonał
1. Szkło zwykłe	—	100	350 $\mu\mu$	Lewis
2. Szkło angielskie borokrzemowe	2.0	100	297 "	Zschimmer
3. Kwarc krystaliczny.	10.0	5.8	222 "	Pflüger
4. " " " " " " " "	10.0	32.8	186 "	"
5. " " " " " " " "	0.2	mały	145 "	Lyman
6. Topiony kwarc czysty	—	mały	185 "	"

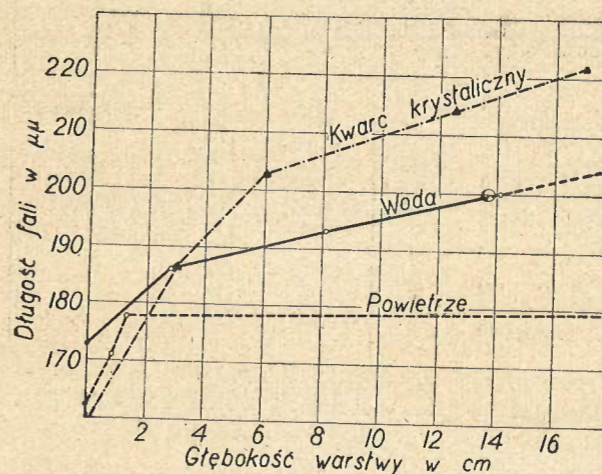
Co się tyczy absorbcji promieni pozafioletowych przez wodę, to według badań Kreuzler'a warstwa wody 2 cm grubości absorbuje 14,2% promieni o długości fali 200 $\mu\mu$, 24,5% promieni o fali 193 $\mu\mu$ i 68,9% — 186 $\mu\mu$. Lyman wykazał, że warstwa wody o grubości 0,5 mm absorbuje 100% promieni o długości fali 172,9.

Zastosowując do tych danych prawo Lambert'a (każda warstwa wody o jednakowej grubości pochłania tą samą część promieni, co i poprzednia), otrzymamy, że warstwa wody

o grubości 0,5 cm absorbuje 100% promieni o fali 172,9
" " 2,90 " " " " " 186,0
" " 8,1 " " " " " 1'3,0
" " 14,10 " " " " " 200,0.

czyli że do głębszych warstw wody będą dochodziły promienie o coraz dłuższej fali. Działanie zaś promieni o krótkiej fali ogranicza się do bliższych, mniej głębokich warstw.

Z tego też wynika, że używanie promieni o fali krótszej niż 173 $\mu\mu$ do dezynfekcji wody wogóle żadnego znaczenia praktycznego nie ma.



Rys. 1. Absorbcja promieni pozafioletowych.

Absorbcja promieni pozafioletowych przez gazy jest naogół b. nieznaczna. Promienie słoneczne nie zawierają promieni o krótszej fali, aniżeli 290 $\mu\mu$, ale to nie pochodzi z racji absorbcji ich przez atmosferę, lecz prawdopodobnie są one absorbowane na granicy atmosfery i przestrzeni międzyplanetarnej.

Tak np. Miethe i Lehman wyznaczył najkrótsze fale na poziomie morza = 291,2 $\mu\mu$, a Wigand na wysokości 9000 m znalazł najkrótszą falę 289,7 $\mu\mu$.

Powietrze, posiadające większą ilość zawieszin w postaci kurzu, pyłu i t. p., pochłania znaczną ilość promieni nie tylko pozafioletkowych, ale i świetlnych, ale to nie wchodzi w rachubę przy dezynfekcji wody.

TABELA II.
Niektóre dane dotyczące absorpcji gazów.

Rodzaj środowiska	Grubość warstwy mm	%absorbowanych promieni	długość fali badanych promieni	Badania dokonane przez
1. Powietrze	0,5	100	163 $\mu\mu$	Schumann'a
2. "	15,0	100	178 "	"
3. "	2324,0	100	186 "	Kreusler'a
4. Tlen . . .	9,1	100	176 "	Lyman'a
5. Azot . . .	20,45	b. mały	162 "	Schumann'a
6. CO ₂ . . .	9,1	100	176 "	Lyman'a
7. He	9,1	0	125 "	"
8. Ar	9,1	0	125 "	"
9. H ₂	9,1	0	125 "	"
10. Pary wodne	—	b. mały	190 "	"

Absorbacja promieni pozafioletkowych przez zwykłe gazy i pary wodne w skali praktycznego dokonywania dezynfekcji wody naogół nie gra żadnej roli.

Praktycznie, dezynfekcja wody jest oparta na działaniu promieni pozafioletkowych, których źródłem jest lampa kwarcowa, wynaleziona w r. 1860 przez Wuy'a, Hewitt'a i Kuch'a.

Światło słoneczne jest naturalnym i najtańszym środkiem dezynfekcyjnym i odgrywa niemałą rolę w otwartych zbiornikach wodnych i rzekach, działanie jego jednak jest ograniczone, ponieważ nie zawiera promieni krótszych niż 290 $\mu\mu$. Lampa zaś kwarcowa dostarcza przeważnie promieni o długości fali około 185 $\mu\mu$, to znaczy promieni, które ze względu na długość fali są jeszcze bardzo silne pod względem bakterjobjęzycznym i sięgają do głębokości, wystarczających do celów praktycznych.

Niżej są podane dane Wolff'a co do składu promieni lampy kwarcowej według ich względnej intensywności.

TABELA III.

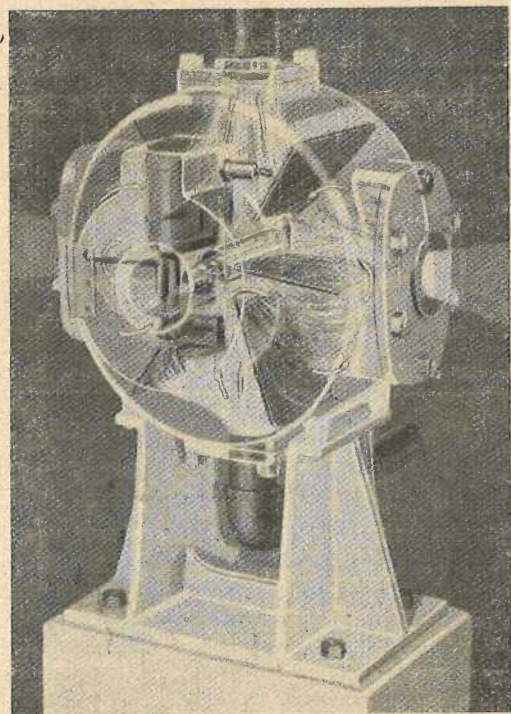
Długość fali $\mu\mu$	Względna intensywność	Długość fali	Względna intensywność
140,27	6	184,9	100
143,6	2	194,3	10
165,0	8	197,3	4
167,3	5	197,4	5
167,6	4	198,8	1
177,5	5	200,3	2
183,3	4	202,8	5
		205,4	8

Lampa kwarcowa składa się z rurki z kwarcu topionego, który jak widać z tabeli I, prawie nie absorbuje promieni o długości fali 185 $\mu\mu$. Pary rtęci, któremi jest wypełniona rurka lampy kwarcowej, absorbują w czasie działania większość krótszych promieni, czem się tłumaczy, że większość promieni jest o długości fali 185 $\mu\mu$. Woda w aparacie przepływa dookoła rurki, zbliżając się do niej i odpływając kilkakrotnie, jak to widać na rys. 2.

Promienie o długości fali = 185 $\mu\mu$ przenikają do wody mniej więcej na głębokość 3,0 cm. Fale dłuższe przenikają odpowiednio głębiej, ale ponieważ bakterjobjęzyczne działanie ich jest słabsze, przeto czas naświetlania winien być odpowiednio przedłużony. W istniejących aparatach jest to uwzględnione w ten sposób, że przekrój każdego przedziału, przez który przepływa woda, zwiększa się w miarę oddalenia od lampy. Jednak, ponieważ lampa kwarcowa daje stosunkowo b. małą ilość promieni o dłuższej fali, przeto warunek ten trzeba stosować oględnie.

Właściwe silne działanie dezynfekcyjne promieni kończy się na stosunkowo nieznacznej głąbo-

kości 12—14 cm. W aparatach zaś zwykle mamy odległości maksymalne około 30—35 cm. Aparaty są jednak tak obliczone, że czas przebywania w nich wody jest wystarczający dla zniszczenia niepożądanych bakteryj. Bakterje naogół giną b. szybko pod działaniem promieni pozafioletkowych.



Rys. 2. Przyrząd do dezynfekcji zapomocą promieni pozafioletkowych.

Tak np. badania wykazały, że bakterje wystawione na działanie promieni zwykłej lampy kwarcowej (przy 66 V i 3,5 A) w odległości 200 mm od

niej (w atmosferze powietrznej) giną w następującym czasie:

B. Cholery	— w 17 sek.
B. Dezynterji (Shigo)	— „ 17 „
B. Tyfusu	— „ 18 „
B. Coli	— „ 18 ¹ / ₂ „
B. Tetanus	— „ 40 „

Działanie bakterjobójcze tłumaczy się bezpośrednim wpływem promieni na żywe komórki, które nie znoszą promieni o dużej częstości drgań. Działanie promieni na bakterje zależy od długości fali promieni, ich intensywności i czasu ekspozycji. Niektórzy badacze tłumaczyli działanie promieni pozafioletkowych nie bezpośrednim wpływem promieni na komórkę, lecz działaniem dwutlenku wodoru (H₂O₂), który powstaje w wodzie pod wpływem tych promieni. Jednak ilości H₂O₂, które powstają w wodzie, są tak znikome, że wpływu na dezynfekcję wody w tak krótkim czasie nie mają. Dowodem tego jest to, że przy naświetlaniu jednej części naczynia, zawierającego wodę, bakterje w tej części giną, podczas gdy w drugiej części, osłoniętej od działania promieni, bakterje pozostają bez zmiany. Z tych względów, działanie dezynfekcyjne promieni pozafioletkowych na wodę mętną jest znikome, wobec czego woda poddawana tej operacji winna być całkowicie przezroczysta i bezbarwna.

Krzywa wymierania bakteryj pod wpływem promieni pozafioletkowych ma zupełnie ten sam charakter, jak krzywe wymierania bakteryj pod wpływem innych czynników bakterjobójczych, naprz. ciepła, związków trujących i t. p.

Ponieważ działanie dezynfekcyjne jest oparte na bezpośrednim działaniu promieni na bakterje, to utrzymanie wody w ciągłym ruchu, przy którym szanse bezpośredniego naświetlania organizmów

są większe, jest b. ważne, przy dokonywaniu praktycznym dezynfekcji.

Po dokonanej dezynfekcji, następuje ponowny wzrost bakteryj. Przy zwykłej dezynfekcji, giną przeważnie bakterje mniej odporne, bakterje zaś zarodnikowe są bardziej odporne. Ponieważ czynnik dezynfekcyjny działa krótko (tylko w czasie ekspozycji), warunki zaś dla rozwoju pozostają bez zmiany, to pozostałe bakterje zaczynają się rozwijać bardzo szybko, przyczem, po pewnym czasie, ilość ich może dojść do tej, jaka była przed dezynfekcją. Im dezynfekcja trwa dłużej, tem później następuje wzrost bakteryj, jak to widzimy z rys. 3.

TABELA IV.

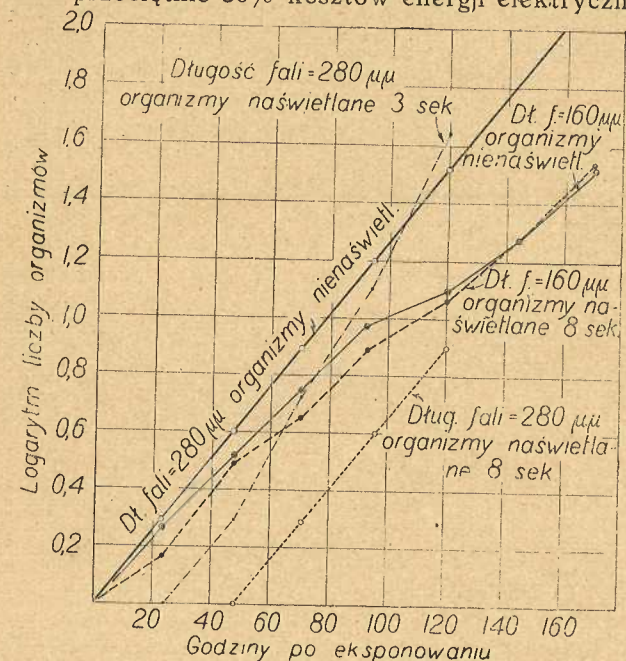
Wzrost B. Coli po naświetlaniu promieniami pozafajkowymi (wedł. G. M. Fair'a).

Czas ekspozycji sek	Ilość B. Coli w 1 cm ³		
	Przed naświetlaniem	Po naświetlaniu	Po 48-u godz. (t-ra 37 °C)
0	42	42	10 100
2	42	24	1 080
4	42	11	128

Z rys. 3 widzimy również, że naświetlanie promieniami o dług. fali 160 $\mu\mu$ jest bezskuteczne, ponieważ promienie te nie przenikają w głąb wody. Dużą zaletą dezynfekcji promieniami pozafajkowymi jest prostota konstrukcji aparatów i ich obsługi, oraz możliwość zainstalowania ich wszędzie, gdzie jest prąd elektryczny o napięciu 110—220 V.

Aparatów tych używa się przeważnie do urządzeń o małej wydajności: od 1¹/₂ m³ na godzinę, ale nieraz instaluje się znacznie większe — do 750 m³ wody na godzinę, przez połączenie kilku mniejszych aparatów. Rozchód energii jest również b. duży — dla dużych aparatów wynosi on 21 kWh na 1000 m³ dezynfekowanej wody, a w małych in-

stalacjach do 265 kWh, czyli jest najdroższym sposobem dezynfekcji wody. Koszt zmiany lamp wynosi przeciętnie 50% kosztów energii elektrycznej.



Rys. 3. Wpływ promieni pozafajkowych na rozwój bakterji Paramecium caudatum (wedł. Bovie).

Do ujemnych stron tego sposobu należy zaliczyć również niezbędną potrzebę posiadania bezwzględnie przezroczystej i bezbarwnej wody oraz nietrwałość lamp, które często pękają i w ten sposób znacznie podnoszą koszt eksploatacji.

W Stanach Zjednoczonych Am. Północnej znalazł ten sposób dezynfekcji względnie duże rozpowszechnienie i przeważnie w szpitalach, na statkach, w zakładach wyrobów sztucznych wód mineralnych, a szczególnie w kąpieliskach ze sztucznymi basenami do pływania.

BIBLIOTEKA
ARCZY

IV. Chlorowanie wody.

Ostatnim sposobem dezynfekcji wody, najbardziej tanim i prostym, jest chlorowanie wody. Sposób ten zaczął rozpowszechniać się stosunkowo bardzo niedawno, ale jeśli rzucimy okiem wstecz, to zobaczymy, że już w roku 1800 chlor został po raz pierwszy użyty przez Morveau we Francji, jako środek dezynfekcyjny. W r. 1854 Angielska Komisja Królewska zastosowała podchloryn wapnia do dezynfekcji ścieków m. Londynu. Ług bielący, czyli woda Javelle'a, wynaleziona przez Percy'ego w fabryce Javelle'a w r. 1792, cieszyła się dużym powodzeniem, w przeciągu stulecia, jako dobry środek dezynfekcyjny i dezodorator.

Do połowy zeszłego stulecia uważano podchloryny jedynie jako dezodoratory, nie wiedząc nic o właściwym ich działaniu na życie biologiczne i używano ich wyłącznie do ścieków lub wydaliny. Później, kiedy już zapoznano się z bakterjami, dokonano, zwłaszcza w Niemczech, wielu badań, ale znów prawie wyłącznie ze ściekami.

Co się tyczy dezynfekcji wody, to ściśle określić czas zastosowania chloru jest b. trudno. Są dane, że w r. 1850 podchloryn wapnia był zastosowany do dezynfekcji studni. W r. 1897 Sims Woodhead użył roztworu podchlorynu wapnia do dezynfekcji rur wodociągu m. Maidstone w czasie epidemii duru brzuszego. Pierwsze systematyczne zastosowanie podchlorynu sodu do dezynfekcji wody, jako takiej, było dokonane przez A. C. Houston'a w r. 1904 w Lincoln, w Anglii. Od roku tego datuje się początek właściwego procesu chlorowania wody. Chlorowanie wody przez Houston'a było spowodowane wybuchem epidemii duru brzuszego po powodzi, w czasie której zbiornik wody, filtry i rurociągi zostały zanieczyszczone. Zastosowanie podchlorynu sodu dało tak dobre wyniki bak-



terjologiczne, że wkrótce inne miasta zaczęły wprowadzać stałą chlorynację wody.

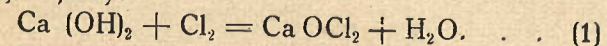
Jeszcze w r. 1903 Nesfield podał myśl zastosowania skroplonego czystego chloru, ale zaledwie w r. 1910 myśl jego urzeczywistnił major oddziału medycznego armji Stanów Zjedn. Darnall.

Od tego czasu chlorowanie wody na wodociągach miejskich zaczęło rozpowszechniać się z niesłychaną szybkością w Stanach Zjednoczonych i Anglii. W roku 1913 w Stanach Zjednoczonych chlorowano 6 milj. m^3 na dobę podchlorynem wapnia, w roku zaś 1924 — 15 milj. m^3 wody już chlorowano czystym chlorem w 3000 miast. Dzisiaj 80% całej ilości wody, dostarczanej przez wodociągi, chloruje się prawie wyłącznie czystym chlorem. W Europie również chlorowanie rozpowszechnia się bardzo szybko, szczególnie w Francji i w Niemczech.

Sprawa ta ma dla Polski pierwszorzędne znaczenie, ze względu na oplakane stosunki w dziedzinie zaopatrywania ludności w dobrą wodę, wobec czego poświęcimy jej więcej uwagi.

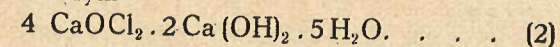
Do chlorowania wody używa się trzech rodzajów związków chlorowych: 1) podchlorynów wapnia i sodu, 2) czystego chloru, jako skroplonego gazu i 3) chloraminy.

Podchloryn wapnia wytwarza się przez przepuszczenie chloru przez wapno gaszone. Przytem otrzymujemy:



Teoretycznie związek ten winien zawierać około 50% chloru, lecz produkt handlowy nie zawiera więcej ponad 35 — 37%.

Produkt handlowy może być wyrażony wzorem chemicznym

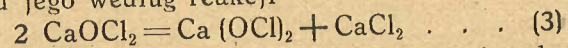


Zawiera on 68% CaOCl_2 , 20% Ca(OH)_2 , 12% H_2O .

Związek ten nie jest stały i winien być przechowywany w suchym i ciemnym miejscu, ponieważ inaczej rozkłada się i traci chlor w bardzo szybkim czasie.

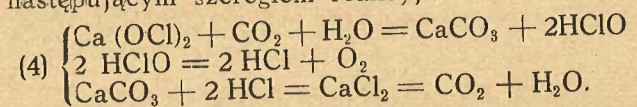
Związek CaOCl_2 nie jest właściwym podchlorynem wapnia, którego wzór jest Ca(OCl)_2 , nie jest to również mieszanina CaCl_2 i Ca(OCl)_2 , jak uprzednio przypuszczano. W stanie suchym związek ten istnieje jako CaOCl_2 . Związek ten w stanie czystym chemicznie istnieć nie może. Dla utrzymania go wymagana jest obecność nadmiaru zasady, która, jak widzieliśmy, w produkcie handlowym wynosi 20%.

Przy rozpuszczaniu w wodzie, następuje rozkład jego według reakcji



i w ten sposób w roztworze wodnym mamy już do czynienia z Ca(OCl)_2 , tracąc przytem część czynnego chloru na CaCl_2 . Odczyn roztworu jest lekko zasadowy.

Działanie podchlorynu, jako dezynfektora, i dalszy jego rozkład był tłumaczony poprzednio następującym szeregiem reakcyj:



Aczkolwiek reakcje te nie są nieprawidłowe i prawdopodobnie przebieg procesu w zasadzie jest zbliżony do tych reakcyj, to jednak tak napisane reakcje nie tłumaczą całego szeregu zjawisk, jakie zostały zaobserwowane przy chlorowaniu wody podchlorynami, a które zostały zakwalifikowane, jako niezrozumiałe lub anormalne. Chodzi tu głównie o wpływ elektrolitów na szybkość przebiegu reakcji.

Postaramy się to wytłumaczyć, opierając się na teorii elektrolitycznej dysocjacji jonów. Przy rozpuszczaniu w wodzie handlowego podchlorynu

wapnia, będziemy mieli mało niezdysoncjowanych cząstek Ca(OCl)_2 , CaCl_2 i Ca(OH)_2 oraz mało jonów H^+ , pochodzących z dysocjacji wody, zaś dużo jonów Ca^+ , $(\text{OCl})^-$, Cl^- i $(\text{OH})^-$ i dużo cząstek niezdysoncjowanych H_2O . Z kombinacji tych jonów mogą powstać w roztworze następujące związki:

Z jonów H^+ i $(\text{ClO})^-$ — HClO — b. słabo zdysocjowany związek.

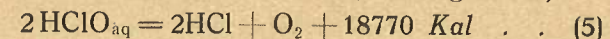
Z jonów Ca^+ i $(\text{ClO})^-$ — Ca(OCl)_2 — stosunkowo nieźle zdysocjowany.

Z jonów Ca^+ i $(\text{OH})^-$ — Ca(OH)_2 — dobrze zdysocjowany.

Z jonów Ca^+ i Cl^- — CaCl_2 — najlepiej zdysocjowany.

W tych warunkach, jak wiemy, reakcja pójdzie w kierunku wytwarzania się związków najmniej zdysocjowanych, t. zn. HClO . Ponieważ ilość jonów wodoru jest bardzo mała, to i szybkość wytwarzania się HClO będzie stosunkowo bardzo mała. Jeżeli ilość jonów wodorowych zostanie zwiększona przez dodanie kwasów lepiej zdysocjowanych, aniżeli HClO , na przykład CO_2 , to obecność ich wpłynie na zwiększenie się szybkości reakcji, t. zn. wytwarzania HClO .

HClO , jako związek bardzo niestały, rozkłada się w miarę wytwarzania się według reakcji:



W ten sposób szybkość reakcji w wodach kwaśnych posiadających CO_2 będzie większa i proces rozkładu podchlorynów będzie zakończony wcześniej. Taki sam wpływ przyspieszający ma większa ilość dwuwęglanów wapnia, powodujących czasową twardość wody. Reakcją (5) tłumaczy się również bielące własności podchlorynów.

Bardzo ciekawym zjawiskiem jest wpływ na szybkość reakcji najrozmaitszych elektrolitów, do-

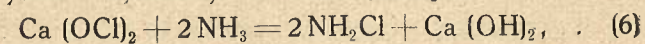
dawanych lub obecnych w wodzie. Zauważono, że dodanie chlorków — dobrych elektrolitów — ma bardzo znaczny wpływ na przyspieszenie reakcji. Tak na przykład dodanie w małych ilościach chlorku amonu, zwykłej soli kuchennej i innych chlorków przyspiesza rozkład podchlorynu w bardzo znacznym stopniu.

Uważając to w sposób następujący: w roztworze podchlorynu wapnia mamy $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, H_2O w stanie zdysocjowanym i niezdisocjowanym. Przy dodaniu chlorku lepiej zdysocjowanego aniżeli CaCl_2 , wprowadzamy większą ilość jonów Cl' . Zmusza to do zmniejszenia się stopnia dysocjacji CaCl_2 . Tem samym ilość jonów Ca' zmniejsza się, co wywołuje lepsze zdysocjowanie się $\text{Ca}(\text{OCl})_2$. Większa ilość jonów $(\text{OCl})'$ wpłynie na szybsze wytwarzanie się HClO , czyli na przyspieszenie reakcji.

Griffen i Hedallen (Jour. Soc. Chem. Ind., 1915, 34, 530) stwierdzili, że wpływ tych elektrolitów na szybkość rozkładu podchlorynu idzie w parze z ich zdolnością dysocjowania się.

Wpływ elektrolitów jest nie tylko ciekawy z punktu widzenia teoretycznego, lecz ma duże znaczenie praktyczne. Na przykład może to być wykorzystane do przyspieszenia reakcji chlorowania w warunkach polowych. Z drugiej strony, należy liczyć się z tem zjawiskiem przy określaniu dozy chloru w postaci podchlorynów do wód z wielką ilością soli mineralnych.

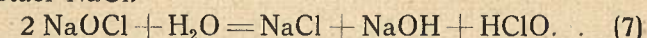
Zupełnie odmienny proces nastąpi, jeżeli do roztworu podchlorynu dodamy NH_4OH . Związek ten, jako bardzo słabo zdysocjowana zasada (0,013), nie wpłynie zupełnie na zmniejszenie się stężenia jonów wodorowych w roztworze. Natomiast wejdzie w połączenie chemiczne z podchlorynem i wytworzy chloraminę NH_2Cl :



która sama jest specyficznym środkiem dezynfekcyjnym.

Własności bielące roztworu giną przytem zupełnie, co jest dowodem, że tlen w tym wypadku nie występuje zupełnie. Własności bakterjobójcze chloraminy są bardzo silne. Szczegółowo omówimy działanie chloraminy niżej.

Drugim podchlorynem używanym w praktyce jest podchloryn sodowy, który działa szybciej, aniżeli podchloryn wapnia, ze względu na nieobecność nadmiaru zasady i obecność elektrolitu w postaci NaCl .

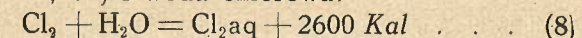


Podchloryn sodu jest używany prawie wyłącznie we Francji.

Używanie podchlorynu sodu nie wywołuje zwiększenia twardości wody, jak to czyni podchloryn wapnia (dodanie podchlorynu wapnia w ilości odpowiadającej jednemu mg chloru na litr wody zwiększa twardość o $2\frac{1}{2}$ mg na litr w obliczeniu na CaCO_3).

Zupełnie inne reakcje powstają przy dodaniu do wody chloru czystego.

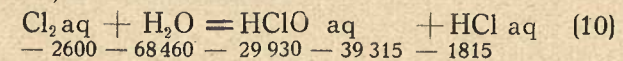
Przedewszystkiem tworzy się roztwór chloru w wodzie, czyli woda chlorowa:



Woda chlorowa jest stosunkowo stała, lecz pod wpływem światła i obecności ciał organicznych lub innych ciał, łatwo utleniających się, następuje jej rozkład:



przyczem HClO prawie zupełnie się nie wytwarza i można wykryć tylko jego ślady w wodzie, co jest zupełnie zrozumiałe, gdyż reakcja wytwarzania się HClO jest endotermiczna:



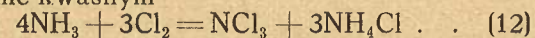
Z poprzednich reakcyj wynikałoby, że wpływ elektrolitów lub innych soli mineralnych na szybkość reakcyj rozkładowych Cl_2aq nie powinien mieć miejsca.

Nie możemy również wytworzyć chloraminy w wodzie przez dodanie amonjaku, ponieważ chlor czysty, będąc bardzo czynnym, wytwarza inne związki z NH_3OH .

$12\text{NH}_3 + 6\text{Cl}_2 = \text{N}_2 + \text{NCl}_3 + 9\text{NH}_4\text{Cl}$. . (11)
czyli obecność amonjaku w wodzie wpłynie tylko na stratę czynnego chloru.

Bray i Dovell wykazali, że produkty, otrzymywane z tej reakcji, zależne są od stężenia jonów wodorowych.

W odczynie kwaśnym



W odczynie zasadowym



Dodanie amonjaku w stosunku 1:4 lub 1:3 do chloru nie tylko całkowicie niweczy działanie chloru, jako czynnika bakterjobójczego, lecz nawet odwrotnie, wywołuje zwiększony wzrost bakteryj, prawdopodobnie z racji zwiększenia się ilości chloru amonu w wodzie, który służy jako pokarm dla bakteryj.

Działanie bakterjobójcze czystego chloru jest takie samo, jak tej samej ilości czynnego chloru, obecnego w roztworze podchlorynu. Jednak, ponieważ nie cały chlor zawarty w podchlorynie jest czynny, a część jego ginie wraz z osadami przy rozpuszczaniu (około 2%) przeto udowodniono praktycznie, że jedna część chloru czystego jest równorzędną 6—7 częściom świeżego podchlorynu wapnia.

Przy dodaniu chloru w postaci czy to chloru czystego, czy też podchlorynu do wody naturalnej, powstaje szereg procesów, z których głównymi są:

- 1) utlenianie ciał organicznych i mineralnych, zawartych w wodzie;
- 2) bezpośrednie połączenie chloru z ciałami organicznymi i amonjakiem, o ile jest on obecny w wodzie;
- 3) działanie bakterjobójcze.

Najszybciej przechodzi reakcja pierwsza, zwłaszcza utlenianie ciał organicznych. Naogół większość chloru, dodawana do wody, jest zużywana na ten proces. Tak na przykład 0,02 *mg/l* chloru w wodzie dystylowanej ma znacznie większe działanie bakterjobójcze, aniżeli 0,40 *mg/l* w wodzie filtrowanej, która zawiera zawsze pewne ilości ciał organicznych. W wodach, zawierających dużo ciał organicznych, lub związków specyficznych, jak olejki, wydzielane przez plankton, kreozot, związki fenolowe i inne, reakcja druga jest czasem powodem wielu przykrości, ze względu na powstawanie ciał o przykrym i specyficznym zapachu. Prawdopodobnie w czasie chlorowania tworzą się wyższe chloraminy organiczne, które nadają wodzie ten przykry smak. Przy kreozocie i związkach fenolowych naprz., które często trafiają do wody przy zanieczyszczeniu jej ściekami przemysłowymi, woda po chlorowaniu nabiera zapachu jodoformu.

O zjawiskach, jakie powodują zniszczenie bakteryj, faktycznie nic nie wiadomo — są tylko różne przypuszczenia i teorie, nad którymi zatrzymywać się nie będziemy.

Danych co do ilości chloru, jakie są potrzebne do zabicia tego lub innego rodzaju bakteryj, znajdujemy w literaturze bakterjologicznej bardzo wiele. Przeglądając je, będziemy zdziwieni niezwykłą rozbieżnością, jaka jest pomiędzy nimi, i z drugiej strony olbrzymimi dozami chloru, jakie są podawane przez autorów. Na przykład Schuder (1911) podawał, że nawet 40 *mg/l* chloru nie zabija bakteryj tyfusu i cholery. Nissen (Instytut

Higjenu w Berlinie, 1890) podaje, że trzeba 420 mg/l chloru dla zniszczenia większości bakterij tyfusu w ciągu jednej minuty. Mohler (1911) znowu donosił, że po 50 minutach, przy dozie chloru 3 mg/l, otrzymał zupełną jałowość wody, posiadającej poprzednio 20 000 bakterij tyfusu. Rozbieżność danych tych pochodzi z kilku przyczyn. Jak już wspomnieliśmy, chlor dodany do wody jest przedewszystkiem skwapliwie pochłaniany przez proces utleniania ciał organicznych, przy czem lwia jego część zużywa się na ten właśnie proces. Otóż badacze ci zupełnie przeoczyli ten proces i nie brali pod uwagę tych ciał organicznych, jakie wprowadzali w postaci pożywki bakteryjnej przy inokulacji badanej wody bakterjami. To jednak ma wpływ olbrzymi, bo jeżeli dodamy do jednego litra wody 1 cm³ kultury bakteryjnej w zwykłej wodzie peptonowej, to zwiększymy przytem zawartość ciał organicznych w wodzie o 10 mg, co pochłonie znaczne ilości chloru.

Drugim błędem, popełnianym przy tych badaniach, było dodawanie olbrzymich ilości badanych bakterij, takich ilości, jakich nigdy nie bywa w praktyce w wodzie, przeznaczonej do zaopatrywania ludności.

Trzecim wreszcie błędem było wymaganie, aby woda zakażona została wyjałowiona w bardzo krótkim okresie czasu, najczęściej w ciągu kilku minut; tymczasem w praktyce mamy przeważnie do rozporządzenia znacznie dłuższy okres czasu.

Wszystko to spowodowało nie tylko rozbieżność danych u poszczególnych badaczy, lecz również wyznaczanie przez nich niebywale wysokich doz chloru, jakich w praktyce nigdy nie możnaby było zastosować.

Pierwsze właściwe dane co do niezbędnej dozy chloru przy chlorowaniu wody podali w roku 1912 Lederer i Bachmann.

Jak widzimy z załączonej tabeli V, z wyjątkiem proteus mirabilis, które tworzą zarodniki, wszystkie bakterje były zniszczone przy dozie 0,5 mg na litr chloru w ciągu 15 minut, pomimo że ilości bakterij również były wysokie. Przy dozowaniu, należy sobie uprzytomnić, że bakterje ni-

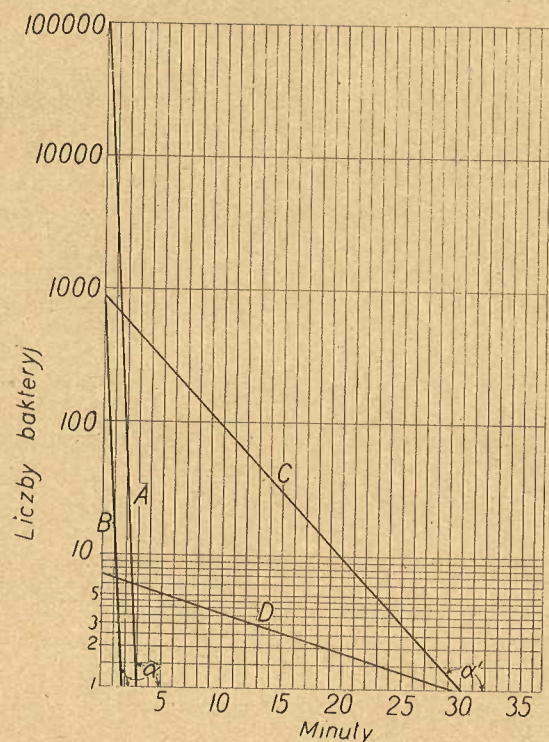
TABELA V.

Odsetkowe ilości zniszczonych bakterij po 15 minutach działania chloru.

Ilość czynnego chloru mg/l	Rodzaj bakterij:						
	B. Cloacae	B. feacalis alcaligenes	B. paratyphosus	Proteus mirabilis	B. Enteritidis	B. lactis aerogenes	B. choleroesius.
0,1	—	99,98	—	27,3	—	—	—
0,2	99,69	99,99	99,97	45,5	99,83	99,17	95,8
0,3	99,75	100,00	100,00	63,7	99,98	99,98	100,00
0,5	100,00	—	—	62,7	100,00	100,00	—
0,7	—	—	—	63,7	—	—	—
1,0	—	—	—	63,7	—	—	—
3,0	—	—	—	90,9	—	—	—
5,0	—	—	—	90,0	—	—	—
Liczba bakt. w 1 cm ³ próby początkowej	160 000	9500	3000	8000	180 000	180 000	500

gdy nie giną natychmiast pod wpływem tego lub innego czynnika. Wymieranie następuje zawsze według tak zwanej „krzywej wymierania“, której charakter zasadniczo zawsze jest ten sam, lecz której nachylenie waha się w zależności od czynności stosowanego środka. Jeżeli na papierze półlogarytmicznym oznaczać będziemy na osi pionowej liczby pozostałych przy życiu bakterij, a na osi poziomej — czas, to krzywa wymierania będzie przedstawiała się, jako prosta. Kąt nachylenia jej do osi poziomej będzie charakteryzował czynność

lub intensywność środka. Im większy jest ten kąt (α), tem słabsze jest działanie środka (rys. 4).



Rys 4. Krzywe wymieranie bakteryj.

Linja A charakteryzuje warunki stawiane dezynfekcji przez poprzednich badaczy: duża ilość bakteryj i krótki czas kontaktu, — wskutek czego kąt α winien być stosunkowo mały, czyli intensywność środka winna być wysoka, to znaczy doza chloru bardzo duża. Linja B charakteryzuje warunki podobne jak przy A, lecz ilość bakteryj jest mniejsza, doza chloru ta sama — wobec czego zy-

skuje się na czasie dezynfekcji. Linje C i D charakteryzują warunki, spotykane w praktyce — ilość bakteryj stosunkowo nieduża, czas rozporządzany duży, doza chloru wypada mała, ponieważ kąt jest duży.

Ostatnie badania w Stanach Zjednoczonych, w szczególności Race'a, wykazały, że przy zawartości 1000 B. Coli w 1 cm^3 , ilość ich redukuje się do 2 B. Coli w 100 cm^3 pod wpływem działania 0,1 mg/l chloru w przeciągu 10 minut w temperaturze 18° C, naturalnie nie biorąc pod uwagę chloru, niezbędnego przytem na utlenianie ciał organicznych. W wodach używanych do zasilania wodociągów, przy najwyższym ich zanieczyszczeniu, będziemy mieli około 1000 B. Coli w 1 cm^3 , w wodzie zaś przefiltrowanej — zaledwie kilka w 1 cm^3 . Stąd wynika, że dla wód naturalnych doza chloru, niezbędna do zniszczenia bakteryj, jest minimalna, jeżeli obrano dostatecznie długi czas kontaktu.

Ponieważ jednak chlor jest zużywany w czasie chlorowania i na inne procesy, jak również może ulegać absorpcji, pomimo tych procesów, na przykład pod wpływem wyższej temperatury, lub intensywnego światła, przeto przy określaniu ilości chloru, jaką mamy dozować wodę, należy wziąć pod uwagę wpływ:

- 1) ilości ciał łatwo utleniających się, zawartych w wodzie;
- 2) temperatury wody;
- 3) sposobu i miejsca zastosowania chloru;
- 4) czasu kontaktu wody z chlorem i
- 5) innych wyjątkowych warunków, jak światła, mętności wody i t. p., które mogą wchodzić w grę w tym procesie.

Ze związków nieorganicznych, chlor utlenia sole żelazawe, azotyny i siarkowodór. Proces utleniania ciał organicznych odbywa się bardzo szybko w przeciągu pierwszych 5 minut po dodaniu

chloru. O ile woda posiada barwę naturalną, która jest spowodowana bardzo stałymi ciałami organicznymi w stanie koloidalnym, to proces utleniania ich odbywa się bardzo długo i dozowanie w takim wypadku winno być oparte wyłącznie na próbach bakterjologicznych.

Wyższa temperatura wody przyspiesza nie tylko działanie bakterjobójcze, ale i szybkość rozkładu chloru. Wobec tego dozy chloru w lecie muszą być większe, aniżeli w zimie. Ponieważ w wodzie cieplej proces rozkładu chloru może nastąpić wcześniej aniżeli proces zniszczenia bakteryj, należy specjalnie uwzględnić ten warunek przy dozowaniu chloru dla cieplej wody.

Sposób i miejsce zastosowania chloru, a zwłaszcza gruntowne zmieszanie wody z chlorem, jest b. ważnym czynnikiem, wpływającym na dozę chloru. Niedostateczne przemieszanie wywołuje zwiększone stężenie chloru w pewnych częściach wody przy niedostatecznym stężeniu w innych. To zaś wywołuje niezbędność zwiększenia dozy chloru lub przedłużenia czasu kontaktu. Bardzo skuteczne jest mieszanie mechaniczne lub dodawanie chloru przed pompami odśrodkowymi, jeżeli takie istnieją w zakładzie.

Czas kontaktu jest b. ważnym warunkiem, gdyż przez obranie dłuższego kontaktu możemy zmniejszyć ilość chloru. Niema racji dodawania wielkiej ilości chloru w celu zmniejszenia czasu kontaktu, tembardziej, że przytem pozostanie duża jego część w stanie nierozłożonym i nieuniknione będą skargi konsumentów na zapach chloru w wodzie. Tak samo nie można obierać czasu kontaktu zbyt długiego, gdyż po 1-szym efekcie spadku ilości bakteryj w wodzie następuje raptowny ponowny ich wzrost. Zwykle czas kontaktu ustala się nie krótszy niż 30 *min* i nie dłuższy niż 3 godz. Po 24 godzinach najczęściej wzrost bakteryj jest znaczny.

Mętność wody wpływa ujemnie na dozowanie, ponieważ bakterje mogą być zawarte wewnątrz cząstek zawieszonych i przetrwać okres chlorowania, o ile doza chloru nie zostanie odpowiednio zwiększona w celu ich zabicia.

Światło wpływa dodatnio na proces rozkładu chloru, tak że, jeżeli woda chlorowana jest przechowywana w zbiornikach otwartych, to czas kontaktu może być skrócony, przy odpowiednim zwiększeniu dozy.

Praktyczne sposoby wyznaczania dozy chloru są następujące:

1) Sposób amerykański: dodaje się do wody pewną ilość chloru i po 5 *min* określa się ilość pozostającego chloru czynnego. Do ilości chloru absorbowanego w przeciągu tych 5 *min*. dodaje się 0,2 *mg/l* chloru, jako „dodatek bezpieczeństwa”, zapewniający zniszczenie bakteryj. Przyjmuje się, że chlor zużyty w ciągu 5 *min* zużywa się wyłącznie na utlenianie ciał organicznych i mineralnych. Przy takim dozowaniu, po 30 *min* najczęściej cały chlor jest absorbowany, bakterje zaś zredukowane do pożądaných granic. Ten sposób dotyczy wód klarownych i posiadających nieznaczne zabarwienie. Stosowany jest na wszystkich wodociągach miejskich w St. Zjednoczonych.

2) Sposób Gascard'a i Laroche'a (używany w armji francuskiej i znany powszechnie). Do szeregu miseczek wlewa się po 100 *cm*³ wody, która ma być chlorowana, i dodaje się stopniowo: do 1-szej miseczki — 1 kroplę, do 2-ej — 2 i t. d. rozcieńczonego 1:100 roztworu wody Javelle'a. Po 20 *min* dodaje się 1 *cm*³ roztworu jodku potasu i skrobi (1 g KJ, 1 g skrobi, 1 g Na₂CO₃ kryst. do 100 *cm*³ wody). Próbę z najniższą koncentracją chloru, wykazującą zabarwienie, uznaje się za właściwą. Liczba podobnych kropeł roztworu 1:1 wody Javelle'a na 10-litrów jest wówczas właściwą dozą.

3) Sposób, używany w naszej armji — zmodyfikowany dla podchlorynu wapnia: łyżeczkę podchlorynu wapnia, której pojemność równa się 2 g tego związku, wsypuje się do miseczki o pojemności 150 cm³ i dolewa się 150 cm³ wody. Po rozcieńczeniu, dodaje się 1, 2, 3... krople do szeregu miseczek z 200 cm³ wody badanej w każdej. Po 30 min dodaje się roztwór jodku potasu i skrobi. Najwyższą dozę, która nie wykazała zabarwienia, uznaje się za właściwą. Ilość łyżeczek podchlorynu wapnia, odpowiadająca ilości kropeł w próbie obranej, jest właściwą dozą dla 500 litrów wody. Przy takim określeniu, nie jesteśmy zupełnie zależni od ilości chloru czynnego w posiadanym podchlorynie wapnia. Są jeszcze inne sposoby, jednak wymienione są najpraktyczniejsze w zastosowaniu.

Ilościowe wyznaczenie chloru czynnego w wodzie najlepiej jest dokonywać z ortotolidyną (o ile niema w wodzie większych ilości azotynów, soli żelazawych lub znacznego zabarwienia naturalnego). Próby dokonywa się w opisany niżej sposób: 1 g czystej ortotolidyny rozpuszcza się w 1 litrze 10% roztworu kwasu solnego; 1 cm³ tego roztworu dodaje się do 100 cm³ badanej wody i po 5 minutach porównywa się kolorymetrycznie ze stałymi roztworami standardowymi, specjalnie do tego przygotowanymi. W tym celu badana próba wody i roztwory standardowe winne być umieszczone w Neslerowskich cylindrach o jednakowej średnicy i jednakowej wysokości słupa wodnego. Standardowe roztwory przygotowuje się z roztworów siarczanu miedzi i dwuchromianu potasu w sposób następujący:

a) roztwór siarczanu miedzi: rozpuścić 1,5 g siarczanu miedzi i 1 cm³ stężonego kwasu siarkowego w 100 cm³ wody dystylowanej,

b) roztwór dwuchromianu potasu: rozpuścić 0,25 g dwuchromianu potasu i 1 cm³ stężonego kwasu siarkowego w 100 cm³ wody dystylowanej.

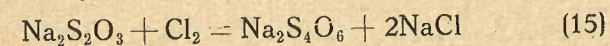
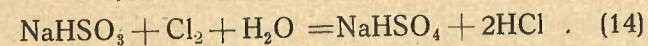
Następnie dodać obydwie roztwory w ilościach wskazanych w podanej niżej tabeli i dopełnić każdą mieszaninę do 100 cm³ wodą dystylowaną.

TABELA VI.

Stałe roztwory standardowe według Hale'a i Muer'a (1925).

Jakiej ilości mg/l chloru czynnego odpowiada roztwór	Ilość cm ³ roztworu siarczanu miedzi	Ilość cm ³ roztworu dwuchromianu potasu
0,10	1,9	1,3
0,15	1,9	1,7
0,20	2,0	2,1
0,25	2,0	2,6
0,30	2,0	3,0
0,35	2,0	3,4
0,40	2,0	3,8
0,50	2,0	4,7
0,60	2,0	5,5
0,70	2,0	6,4
0,80	2,0	7,2
0,90	2,0	8,1
1,00	2,0	9,0

W wypadkach, kiedy chlorowanie winno być przeprowadzone szybko (na przykład w polu), można używać nadmiaru chloru i po 10—15 min nadmiar pozostałego chloru dechlorować przez dodanie roztworu NaHSO₃ lub Na₂S₂O₃, wedł. reakcji:



Skuteczniejsze jest działanie NaHSO₃, na zdechlorowanie bowiem 1 części chloru trzeba 1,46 części NaHSO₃. Związek ten jednak nie jest stały. Na₂S₂O₃ jest stałym związkiem, ale na zdechlorowanie jednej części chloru trzeba 7 części tej soli.

Przy chlorowaniu wody, podobnie jak i przy innych sposobach dezynfekcji, nie wszystkie bakterje giną w wodzie. Najwcześniej giną bakterje t.

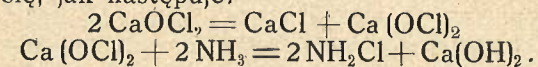
zw. „wodne”, następnie te bakterje, które są zwykłą mieszkającą przewodu pokarmowego — bakterje Coli i inne. Bakterje cholery i tyfusu giną w tym samym czasie, jak B. Coli. Bakterje zaś wytwarzające zarodniki, a tego rodzaju bakterje mamy w wodzie przeważnie z grupy subtilis, pochodzenia ziemnego, i B. enteritidis sporogenes, ze ścieków i nawozu, nie giną wszystkie, ponieważ zarodniki tych bakteryj są bardzo odporne i przy zwykłych dawkach chloru nie giną. Można by było je zabić większą ilością chloru lub powtórna chlorynacją, lecz to nie ma racji, ponieważ te formy bakteryj, które są zwykle spotykane w wodzie, nie mają żadnego znaczenia sanitarnego. Ciekawe jest, że po chlorynacji otrzymujemy często ilość kolonii na agarze przy 37° C większą, aniżeli przy 20° C na żelatynie, co jest zrozumiałe, wobec tego, co powiedziano powyżej.

Wzrost liczby bakteryj po chlorynacji zależy całkowicie od temperatury wody i ilości chloru, dodanego do wody. Wzrost w lecie jest b. szybki, wobec czego dozowanie winno być odpowiednio dostosowane. Wzrost bakteryj daje się szczególnie odczuwać w końcowych linjach wodociągu, gdzie woda przebywa znacznie dłużej, aniżeli normalnie w całej sieci. Aczkolwiek wzrost późniejszy bakteryj nie jest niebezpieczny, to jednak jest bezwzględnie niepożądany, chociażby ze względu na trudność kontrolowania stanu sieci rur w mieście w drodze bakteriologicznej. Przy odpowiednim zaprojektowaniu sieci wodociągowej (z krążeniem w całej sieci) i odpowiednim dozowaniu wody chlorem, można jednak uniknąć tego.

Co się tyczy smaku i zapachu wody pod wpływem chlorowania, to naogół, przy prawidłowym dozowaniu i wyborze odpowiedniego czasu kontaktu, skarg ze strony konsumentów niema. Bywają skargi ze strony osób nerwowych, pod wpływem auto-

sugestji. Bardzo często w Stanach Zjednoczonych skargi takie zgłaszano do zarządów wodociągów zaraz po ogłoszeniu, że woda ma być chlorowana, aczkolwiek chlorowanie jeszcze nie zostało uruchomione. W wodach, zawierających dużo soli mineralnych, zapach chloru najczęściej występuje w wodzie ogrzanej. Są również trudności z wodami, w których ilość ciał organicznych zmienia się często, co utrudnia dozowanie chloru i dzięki czemu, w pewnych chwilach, może się zdarzyć jego nadmiar. Z drugiej strony, wody zabarwione pozwalają na większe odchylenia w dozie chloru i przytem nie pozostaje w wodzie ani smaku, ani zapachu chloru.

W ostatnich latach b. dużą uwagę poświęca się dyzynfekcji wody chloraminami. Najprostszą chloraminą NH₂Cl była wykryta przez Raschig'a w r. 1907. J. Rideal (Journ. Roy. San. Inst. 1910, 31, 33), pierwszy wykrył jej silne własności bakterjobójcze. Wytwarza się ona przy dodaniu roztworu amoniaku do roztworu podchlorynu wapnia lub sodu. Mieszanie to winno odbywać się w rozcieńczonych roztworach tych związków. Zwykle używa się 0,3 do 0,6%-wego roztworu podchlorynu i 0,3—0,5%-wego roztworu amoniaku. Teoretycznie stosunek NH₃ : Cl wypada, jak 1 : 4. Reakcja odbywa się, jak następuje:



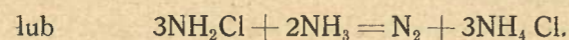
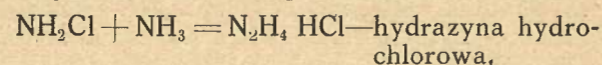
Najlepsze atoli wyniki praktyczne otrzymuje się przy stosunku NH₃ : Cl jak 1 : 2 do 1 : 4.

Przy mieszaniu powstaje zawsze pewna strata chloru czynnego.

Naprzykład przy

NH ₃ : Cl	% straty chloru czynnego
1 : 6	19
1 : 4	24
1 : 2	45
1 : 1	91

Przy nadmiarze NH_3 , powstają inne związki:



Chloramina istnieje tylko w b. rozcieńczonych roztworach wodnych i z tej racji w nna być wytwarzaną w momencie chlorowania w samej wodzie. W czystym lub stężonym stanie może być otrzymana przy b. niskiej temperaturze. Z czystym chlorem, jak już mówiliśmy, chloraminy otrzymać nie można. Chloramina nie działa jako utleniacz, lecz jako specyficzny środek bakterjobójczy. Jedną z największych jej zalet jest to, że nie wchodzi w żadne połączenie z ciałami organicznymi, nie ulega absorbcji i z tej racji dozowanie nie jest zależne od składu wody i jest wobec tego stałe.

TABELA VII.

Absorbcja chloru w wodzie rzeki Ottawa (barwa 40 mg/l, utlenialność 9,5 mg/l O_2 przy 100° C, 30 min.)

C z a s	Pozostawało chloru czynnego	
	Przy podchlorynie wapnia mg/l	Przy chloraminie mg/l
Po 0 min	10,00	9,98
5 "	6,50	9,98
10 "	5,91	9,90
20 "	5,18	9,90
40 "	4,47	9,89
60 "	3,90	9,89
80 "	3,65	9,84
20 godz.	0,0	9,68

Drugą zaletą chloraminy jest to, że potrzeba do przeprowadzenia dezynfekcji znacznie mniejszej jej ilości. Wpływa to korzystnie na zmniejszenie kosztów eksploatacji, nie uszczuplając przytem wyników bakterjologicznych. W. doczne jest to z tabeli podanej niżej.

TABELA VIII.

Porównanie wyników przy chlorowaniu podchlorynem wapnia i chloraminą (New York).

	Woda surowa	Woda chlorowana podchlorynem wapnia		Woda chlorowana chloraminą	
			%redukcji		%redukcji
Ilość bakterij na Agarze, 37° C, 24 godz.	3099	32	98,9	33	98,3
B. Coli index w 100 cm^3	195,5	0,50	99,7	0,74	99,6
Ilość chloru mg/l	—	1,10	—	0,25	—
Ilość NH_3 mg/l	—	—	—	0,13	—
Koszt chlorowania 1 milj. galonów w dol.	—	1,26	—	0,59	—

Trzecią zaletą chloraminy jest zupełne usuwanie późniejszego wzrostu bakterij, ponieważ czynnik ten stale pozostaje w wodzie. Jest to szczególnie ważne w wodociągach ze starą siecią wodociągową, lub w wypadkach, kiedy zakażenie wody może zachodzić w samej sieci.

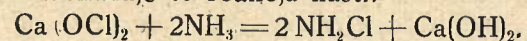
Przy dozowaniu chloraminą, najbardziej ważną jest rzeczą określenie drogą badań bakterjologicznych minimalnego czasu kontaktu, niezbędnego do doprowadzenia składu bakteryjnego wody do pożądaných granic, zanim woda opuści zakład wodociągowy. Przy chloraminie, woda z kurka końcowej linii wodociągowej w nna być bakteryjnie czystsza, aniżeli przy wyjściu z zakładu wodnego. Smak i zapach chloraminy jest ostrzejszy, aniżeli chloru, ale przy odpowiednim dozowaniu, to znaczy przy małych dozach, a długim kontakcie, można go uniknąć.

Co się tyczy zagadnienia, czy chloramina nie jest szkodliwa dla zdrowia (ponieważ absorbcji

nie ulega, jak chlor, przy chlorze czystym lub podchlorynie), to na pytanie to żadnej potwierdzającej odpowiedzi narazie nie mamy. W miastach, które już od kilku lat stosują chloraminę, żadnych zażeń lub obserwacji o ujemnym działaniu chloraminy nie było. Przypuszczać należy, że te minimalne dozy, jakich używa się do chlorowania wody, nie mogą mieć żadnego znaczenia, szczególnie, jeżeli wziąć pod uwagę te dozy, jakie stosuje się wewnątrz, jako lekarstwo, i które będąc 750-krotnie większe, aniżeli zawartość chloraminy w 2 l wody, działają skutecznie i bez żadnej szkody dla organizmu.

Dzisiaj Paryż chloruje wodę wyłącznie chloraminą, Londyn zaś przechodzi stopniowo również do chlorowania tym sposobem.

Przy operacji dozowania, należy zwrócić uwagę, aby rury, któremi chloraminę doprowadza się do wody, były dostatecznych wymiarów i były zaopatrzone w odpowiednie urządzenia do ich oczyszczania, ponieważ wraz z wytwarzaniem się chloraminy powstaje wapno, które może rury zatknąć. Wskazuje to reakcja nast.:



Poza tą prostą chloraminą są inne, bardziej złożone, które jeszcze nie znalazły zastosowania praktycznego, lecz do których bezwzględnie należy przyszłość, szczególnie przy chlorowaniu wody dorażnem, w polu, wojsku i t. p.

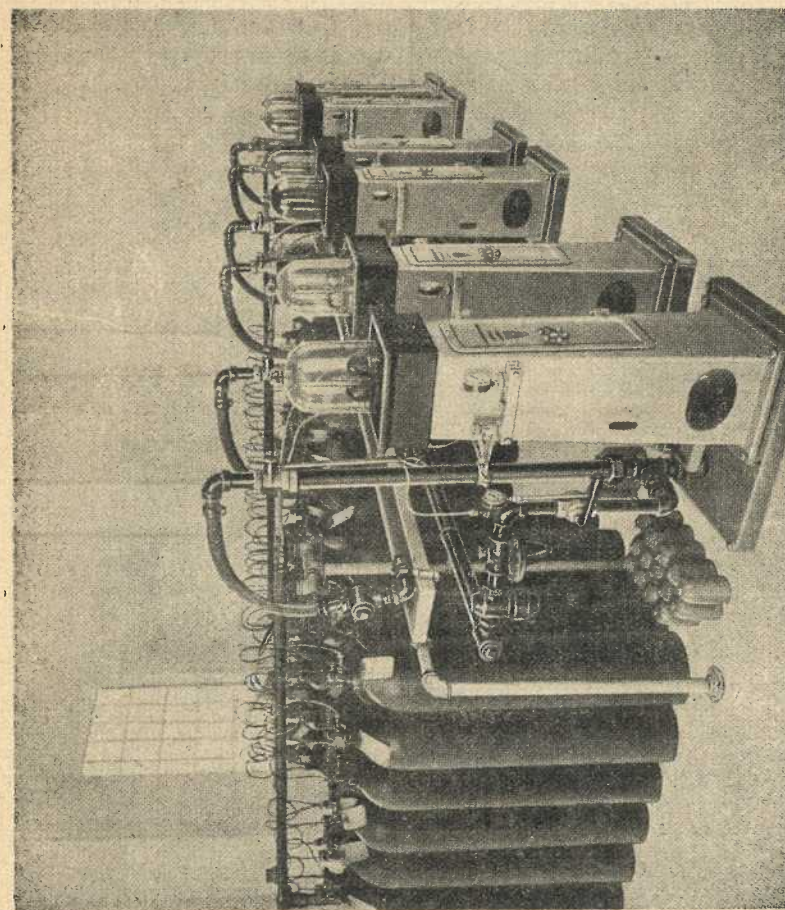
Race (1915) na przykład wytworzył chloraminę o składzie NH_4OCl przez dodanie szczawianu amonu do podchlorynu wapnia:



Szybkość działania tej chloraminy była 10-krotnie większa, aniżeli chloru czystego.

Co się tyczy strony instalacyjnej, to przy chlorowaniu podchlorynami urządzenie składa się ze

zbiornika z mieszadłami do rozpuszczania podchlorynu, dwu zbiorników do przechowywania gotowych rozczyńców i aparatu do dozowania, składa-



Rys. 5. Urządzenie do dozowania chloru czystego typu Wallace & Tiernon.

jącego się z małego zbiornika z pływakiem, utrzymującym w nim stały poziom rozczyńcu, wreszcie z kurków odpływowych z otworami wzrocowanymi.

Zbiorniki te wykonywa się z betonu (drewniane nie są odpowiednie), a kurki, rury i mieszadła albo z twardej gumy, albo ze specjalnego brązu.

Koszt urządzenia zależy jest od warunków miejscowych i od ewentualnych niezbędnych przeróbek w istniejących urządzeniach przy wprowadzeniu chlorowania. Koszt zainstalowania zbiorników i aparatów dozujących wynosi dla wodociągów z wydajnością od 40 tys. m^3 do 200 tys. m^3 wody na dobę od 150 do 500 dolarów. Koszt eksploatacji zależy jest również od warunków miejscowych i ilości chloru stosowanego do wody. Koszt jednego kg podchlorynu wapna wynosi w handlu detalicznym w Warszawie zł. 1,20. W urządzeniach miejskich, koszt chlorowania podchlorynem wapnia jest nieco większy, aniżeli chlorem czystym.

Urządzenie do chlorowania wody chlorem czystym składa się z aparatu dozującego oraz rur dopływowych i odpływowych. Mamy już dzisiaj wiele aparatów dozujących, z których typ Wallace i Thiernan jest najbardziej rozpowszechniony. Koszt jednego aparatu wynosi 400 dolarów przy ręcznej regulacji i 1000 dolarów przy automatycznej. Jeden aparat może wydać do 90 kg chloru, która to ilość starczy dla normalnej wody na 225 000 m^3 . Chlor dostarczany jest z fabryk w butlach stalowych. Butle te są różnych wielkości: od 100 funtów chloru do 1 tonny. Chlor jest sprężony pod ciśnieniem 7 — 8 *at.* Butle są ustawiane na wozach, którymi kontroluje się ilość pozostałego chloru.

Aparat dozujący ustawia się w osobnym małym pokoju z silną wentylacją, ponieważ małe ułatwienie się chloru jest nieuniknione, a 0,001 — 0,005% chloru w powietrzu już znacznie podrażnia drogi oddechowe, zaś 0,06% jest śmiertelne. Pokój ten winien być ogrzewany i utrzymywany stale w temperaturę min. 26 — 27° C, gdyż ciepło jest potrzebne do parowania chloru ciekłego.

Koszt 1 funta chloru w St. Zjedn. wynosi 8—9 centów. Koszt zaś eksploatacji wynosi mniej niż 1 cent na głowę mieszkańca rocznie. Eksploatacja jest bardzo tania, ponieważ robocizna odpada prawie całkowicie.

Poza tem chlorowanie chlorem czystym ma te zalety, że operuje się 100% czystym chlorem, przez co nie zwiększa się twardości wody, niema żadnych osadów, regulacja jest prosta i łatwa, jak również b. dokładna.

Urządzenie przy chloraminach jest takie same, jak przy podchlorynach, tylko ma dodatek w postaci aparatu dozującego dla amoniaku.

Chlorowanie wody stosuje się prawie wyłącznie, jako proces ostateczny w oczyszczaniu wody, t. zn. po jej przefiltrowaniu. O ile woda jest przechowywana w naturalnych lub sztucznych zbiornikach przez dłuższy okres czasu, dostateczny do jej całkowitego sklarowania się i samooczyszczenia się, to chlorowanie często stosuje się, jako jedyną operację oczyszczania wody.

Zastosowana w niektórych wodociągach miejskich prechlorynacja, czyli dodawanie chloru do wody surowej przed filtracją, sprzyja często dalszym procesom oczyszczania wody i przedłuża okres działania filtrów.

W rozpatrywaniu tego procesu, należy jednak zasadniczo oddzielić filtry szybkobieżne, z poprzedzającą koagulacją, od filtrów powolnych. Dodawanie chloru do wody przed koagulacją wpływa najczęściej b. dodatnio na przyspieszenie procesu koagulacji, na zmniejszenie dozy koagulantu, na dłuższy okres działania filtru i na zmniejszenie rozchodu wody na przemywanie filtrów.

Przy oczyszczaniu wód z dużem zabarwieniem naturalnem, prechlorynacja daje szczególnie dobre wyniki. Chlor działa widocznie na cząstki koloidalne ciał organicznych, powodując zabarwienie, w sposób ułatwiający dalsze ich skupianie się w

kłaczkę pod wpływem cząstek koagulantu, i to wpływa na szybkość koagulacji. Wobec tego przy filtrach szybkobieżnych prechlorynacja rzadko kiedy zawodzi.

Z filtrami powolnemi rzecz ma się inaczej: Zdolność chloru, jako czynnika zmniejszającego rozwój wodorostów (alg), była zauważona po raz pierwszy przez Houston'a na filtrach w Lincoln w r. 1905. W późniejszym okresie, szereg miast rozpoczął stosowanie prechlorynacji przy filtrach powolnych, jako środka walki ze zbyt dużym rozrostem alg, powodującym przedwczesne zatykanie się filtrów.

W r. 1916 Houston donosił, że filtry londyńskie zawdzięczają swój dłuższy okres działania stosowanej tam prechlorynacji. Podobne wyniki były osiągnięte również i w innych miastach, w niektórych jednak miastach działo się wręcz przeciwnie. — prechlorynacja wprowadzała zupełny rozstrój w działaniu filtrów. Niektóre miasta donosiły, że błona biologiczna złóż filtracyjnych ulegała zniszczeniu pod wpływem chloru. Niepowodzenia te były prawdopodobnie wynikiem albo nieprawidłowego zastosowania chloru, t. zn. nieodpowiedniej dozy i w nieodpowiednim miejscu (czas kontaktu i zjawiska wtórne po chlorowaniu), lub też obecności zupełnie odmiennych czynników biologicznych, które pod wpływem chlorowania powodowały nieoczekiwany rozstrój w normalnej pracy złoża.

Wobec tego, że w każdej poszczególnej miejscowości praca złoża filtracyjnego może być zależna od zupełnie innych czynników biologicznych, stosowanie prechlorynacji do filtrów powolnych winno być oparte na poprzedzających bardzo szczegółowych i wszechstronnych badaniach, które wskażą, jakie warunki winny być utrzymane przy tym procesie i czy wogóle wynik jego będzie korzystny.

T A B L I C A IX.

Wpływ chlorynacji na śmiertelność z duru brzusznego. Przeciętna śmiertelność na 100 000 ludności.

M i a s t o	Chlorowanie wody wprowadzono w roku	Przed chlorowaniem		Po chlorowaniu		
		w okresie	śmiertelność	w okresie	śmiertelność	% zmniejszenia
Baltimore	1911, VI	1900 — 10	35,2	1912 — 15	22,2	36
Cleveland	1911, IX	1900 — 10	35,5	1912 — 16	8,2	77
Des Moines	1910, XII	1905 — 10	22,7	1911 — 13	13,4	41
Erie	1911, III	1906 — 10	50,6	1912 — 14	15,0	70
Eraston, Ill.	1911, XII	1908 — 11	29,0	1912 — 13	14,5	50
Kansas City, Ms.	1911, I	1900 — 10	42,5	1911 — 16	14,2	66
Trenton	1911, XII	1907 — 11	46,0	1911 — 14	28,7	35
Montreal	1910, II	1906 — 10	40	1911 — 16	25	37
Toronto	1910, III	1906 — 10	31,2	1912 — 16	7,8	75

W wypadkach, kiedy woda powierzchniowa posiada większe ilości planktonu, wydzielającego olejki o zapachu specyficznym, zwykłe chlorowanie wody powoduje wytwarzanie się z tych olejków i związków chloru, nadających wodzie b. ostre i nieprzyjemne zapachy, naprz. jodoformu.

Stosowanie nadchlorynacji, t. zn. znacznie większej ilości chloru, aniżeli normalnie to jest wymagane, i następnie dechlorynacji, t. zn. zneutralizowania powstałego chloru, daje b. dobre wyniki. O ile w wodzie są obecne związki fenolowe, nadchlorynacja również niszczy narazie zapach wody, lecz po dłuższym czasie przechowywania wody, lub po jej nagraniu — zapach występuje ponownie.

Chlorowanie wody znalazło najbardziej szerokie rozpowszechnienie w zastosowaniu do centralnych wodociągów miejskich, jak również w wojsku, w warunkach polowych.

W ostatnich czasach dopiero zwrócono należyłą uwagę na niezbędność chlorowania wody do potrzeb domowych w miejscowościach, nie posiadających wodociągów centralnych. Sprawa ta ma szczególnie ważne znaczenie dla Polski, gdzie większość ludności, mieszkając w warunkach wiejskich i małomiasteczkowych, korzysta wyłącznie z jednostkowych urządzeń wodnych, jak studnie, źródła i t. p. Stan naszych studzien jest powszechnie znany, i nie trzeba się dziwić, dlaczego dur brzuszny, dezynterja i inne choroby przewodu pokarmowego, pochodzące prawie wyłącznie z racji użycia złej i zanieczyszczonej wody, nigdy nie opuszczają naszej ludności.

Ponieważ ludność tą korzysta przeważnie z wody gruntowej, t. zn. klarownej, lecz zanieczyszczonej z powodu złego stanu studzien i otoczenia, chlorowanie wody do potrzeb domowych mogłoby odegrać b. dużą rolę w poprawie naszych stosun-

ków zdrowotnych. Operacja ta jest b. prosta i niezwykłe tania.

Wyniki higieniczne przy zastosowaniu chlorowania wody są ogólnie znane. Przedewszystkiem chlorowanie wpływa na zmniejszenie się śmiertelności z powodu duru brzusznego. Niżej przytoczone są dane dla niektórych miast Stanów Zjedn. i Kanady, w których w ciągu kilku lat od czasu wprowadzenia chlorowania wody w wodociągach miejskich nie było żadnych innych ulepszeń lub zmian w mieście, które mogłyby wpłynąć korzystnie na zmniejszenie się śmiertelności z powodu duru brzusznego, a więc zmniejszenie się śmiertelności przypisać należy chlorowaniu.

Poza tem chlorowanie wody wpływa b. znacznie na zmniejszenie się śmiertelności z dyzenterji, biegunek i innych chorób przewodu pokarmowego.

Statystyka wykazuje, że w Stanach Zjedn. śmiertelność z diarrhoea (biegunki) była 10—16 krotnie wyższa, aniżeli z duru brzusznego. Po wprowadzeniu chlorowania wody, nastąpił spadek śmiertelności z powodu tych chorób w tym samym stosunku, co dla duru brzusznego, i to wpłynęło b. znacznie na spadek ogólnej śmiertelności.

Z technicznego punktu widzenia, chlorowanie wody pozwala na zastosowanie szybszej filtracji, co obniża znacznie koszt eksploatacji i budowy zakładu wodnego. Z drugiej strony, chlorowanie wody, jako końcowa operacja, daje pewność, że skład bakteryjny wody, opuszczającej zakład wodny, odpowiada postawionym wymaganiom.

Stosowanie chlorowania do wód ściekowych, przed ich wprowadzeniem do naturalnych zbiorników wodnych, nie może być rozpatrywane, jako proces oczyszczania ścieków, ponieważ ciała organiczne nie zostają przytem zniszczone, ani zmineralizowane. Trzeba to uważać tylko, jako zabieg bezpieczeństwa, w celu zniszczenia flory patoge-

nowej i wstrzymania na pewien czas naturalnych procesów biologicznych.

Wobec olbrzymiej ilości ciał organicznych i amonjaku wolnego w ściekach, zapotrzebowanie chloru jest również bardzo wysokie: przeciętna ilość chloru na litr ścieków waha się pomiędzy 12 a 20 mg.

Chloramina, która nie wchodzi w żadne połączenia z ciałami organicznymi, zawartymi w wodzie, jest najwłaściwszym i najtańszym środkiem do chlorowania ścieków. Ilość amonjaku wolnego w ściekach winna być przy dozowaniu uwzględniona.

Reasumując wszystko powiedziane wyżej, dochodzimy do następujących wniosków:

1) przy korzystaniu z wód zanieczyszczonych, nie można polegać jedynie na zdolności filtrów oczyszczania wody od bakteryj;

2) bakterjologiczna kontrola składu wody i sprawności działania filtrów jest nieodzowna w każdym zakładzie wodnym i służy jako drogowskaz i miernik przy prowadzeniu zakładu; wobec długiego czasu jednak, jaki jest niezbędny do zakończenia każdego poszczególnego badania bakterjologicznego, badania te nie dają odpowiedzi co do jakości wody w chwili, kiedy woda jest tłoczona do miasta;

3) zastosowanie dezynfekcji wody, jako końcowego procesu oczyszczania, daje pewność, że skład wody tłoczony do miasta odpowiada postawionym wymaganiom co do jej składu bakterjologicznego;

4) tak z punktu widzenia higienicznego, jak i technicznego, należy szeroko zastosować dezynfekcję wody w Polsce;

5) dezynfekcję wody należy zastosować nie tylko do centralnych wodociągów miejskich, zasilanych wodą powierzchniową, lecz rozpowszechnić

również na urządzenia jednostkowe, szczególnie posiadające charakter publiczny, t. zn. szkoły, kościoły, stacje kolejowe, jadłodajnie, hotele i t. p.;

6) najwłaściwszym i najtańszym rodzajem dezynfekcji wody jest chlorowanie;

7) chlorowanie wody na wodociągach miejskich najwłaściwiej jest przeprowadzać chlorem skroplonym lub chloraminami;

8) chloraminy szczególnie nadają się przy wodociągach ze stałą lub niepewną pod względem szczelności siecią rozdzielczą rur;

9) prechlorynacja na filtrach szybkobieżnych działa najczęściej bez zawodu; na filtrach powolnych może być zastosowana jedynie na podstawie poprzedzających badań;

10) chlorowanie wody w małych ilościach przy urządzeniach jednostkowych odbywa się najprościej przy zastosowaniu podchlorynów;

11) do dezynfekcji ścieków najwłaściwiej i najtańiej jest używać chloraminy.

BIBLIOTEKA
WYDZ.
ARCHITEKTURY

2464