

KURSY PRZYGOTOWAWCZE  
DLA LEKARZY POWIATOWYCH  
KRÓLESTWA POLSKIEGO.

---

---

JULIAN BRAUN



# Hygiena wodociągów i kanalizacyi.



WARSZAWA 1917.

Wymieniony w tytule przedmiot zahacza — pominąwszy stronę czysto techniczną — o dziedzinę zarówno chemii, jak i bakterjologii i wyczerpująco daje się naturalnie skreślić tylko z punktu widzenia tych dwóch gałęzi przyrodoznawstwa. Wobec tego, iż bakterjologiczne kwestye dotyczące badania i oczyszczania wody w niniejszem dziele zbiorowem już przez innego autora zostały opracowane, w szkicu tym uwzględnię tylko stronę chemiczną sprawy. Ze względu na ograniczone ramy uczynić tego nie mogę z drobiazgowością podręcznika, postaram się jedynie uwypuklić zasadniczo ważne strony kwestyi, a z metod badania chemicznego wody przedstawię w zarysie te tylko, które ze względu na łatwą swą wykonalność mogą być stosowane przez lekarza, pracującego w skromnych warunkach doświadczalnych.

Całość kwestyi, dotyczących badania, oceny i oczyszczenia wody stanowi właściwie dorobek ostatnich dopiero dziesiątków lat. Aczkolwiek niema materiału, w którymby się człowiek w ciągu całego życia częściej stykał, aniżeli z wodą, racjonalne wysiłki w celu uzdrowotnienia tego materiału widzimy dopiero w czasach najnowszych. Co jest charakterystyczne, to fakt, że w przeciwieństwie do bardzo wielu innych gałęzi rozwoju umysłowego, kulturalnego, technicznego, które rosły od czasów dawnych w sposób mniejwięcej ciągły, w dziedzinie nas tu interesującej widzimy coś odmiennego: wyobrażając postępy, poczynione przy zaopatrywaniu się ludzkości w zdrową wodę w formie funkcyj, zależnej od czasu, otrzymujemy krzywą wklęsłą. W rzeczy samej: pewne wysiłki w celu zaopatrywania się w wodę dobrą widzimy w czasach starożytnych; stwierdzamy tam obok najprymitywniejszej metody, obok studzien i cystern, urządzenia wodociągowe (np. w Niniwie, Jerozolimie, Atenach, Rzymie), względnie bardzo dobre, przy zakładaniu których kierowano się przede wszystkim chęcią dobywania wody, ilościowo odpowiadającej potrzebom, a mniej chęcią dobywania wody jakościowo beznaganej; do należytej oceny wody brakło jeszcze naukowych podstaw. W wiekach średnich widzimy zanik zupełny tych usi-

łowań i dopiero w czasach najnowszych, dzięki wspaniałemu rozwojowi higieny i bakterjologii przed oczy nasze występuje olbrzymi, racjonalny postęp w tej dziedzinie.

### Rodzaje wody w naturze i ich skład.

Woda w przyrodzie, jak wiadomo, odbywa ciągły kołowy obrót. Jeżeli za punkt wyjścia weźmiemy znajdujące się na powierzchni ziemi zbiorniki wody, w pierwszym rzędzie morza, to wiemy, że z nich w powietrze wyparowuje olbrzymia ilość wilgoci, wzrastająca z temperaturą (np. w jednym metrze sześciennym powietrza, zawartych jest przy 10° 9,4 gr. przy 15° 12,8 gr. pary wodnej), wiemy, że wilgoć ta przez wiatr wraz z powietrzem zostaje transportowana, że w miejscach chłodniejszych skrapla się lub marznie, tworząc mgłę, rosę, deszcz, śnieg i grad, że wreszcie dla Europy głównym źródłem wilgoci jest Atlantyk i wiejący stamtąd zachodni wiatr; w mniejszym stopniu jako źródła wilgoci grają dla nas rolę jeziora, stawy, rzeki i wreszcie rośliny.

Opadłszy na ziemię, woda poczęści może znów wyparować, poczęści stoczyć się po pochyłości, tworząc strumyki, potoki, rzeki, dążące z powrotem do morza, poczęści wreszcie może w ziemię wsiąknąć. Stosunek tych trzech ilości, niesłusznie czasami podawany jako równy, zależy najzupełniej od warunków miejscowych, przede wszystkim od pochyłości i od wchłomości powłoki ziemskiej w danym miejscu. Wsiąkając w ziemię, woda czyni to dopóty, aż natrafi na powłokę nieprzemakalną. Nad taką powłoką mamy więc warstwę mniej lub więcej wilgotną a na samej powierzchni nieprzemakalnej powłoki wodę t. zw. *gruntową*. Woda ta, ściekając podziemnie, albo może zebrać się w zbiornikach, w podziemnych jeziorach, albo płynąć strumieniem podziemnym, aż natrafi na łożysko rzeki, jeziora lub też, aż na zboczu góry lub wzgórze wystąpi na powietrze. W tym ostatnim wypadku, gdzie woda gruntowa występuje z ziemi sama w formie *źródła*, czerpać ją możemy bez domieszki wody powierzchniowej (rzecznej, stawowej) w sposób prosty; w wypadku pierwszym musimy się do niej dostać przed zlaniem się jej z wodą powierzchniową drogą wiercenia, zakładając studnie i pompując; często pompowanie jest zbyteczne dzięki temu, że woda gruntowa, dostawszy się między dwie nieprzemakalne warstwy, znajduje się pod mniejszym lub większym ciśnieniem i po wywierceniu z góry otworu wytryskuje sama (*studnie artezyjskie*). Jako nieprzemakalne warstwy przy wodzie gruntowej napotykamy najczęściej glinę i margiel, pozatem często przy źródła-

nej wodzie granit i t. p. starsze formacje geologiczne. Ważniejszą dla kwestyi oceny wody gruntowej jest jednak ta warstwa, która ją przepuszcza: może to być warstwa, składająca się z piasku, względnie żwiru, dalej np. z kamienia wapniowego; wielkość ziarenek tej warstwy, jej zdolność do filtrowania ma, jak to dalej zobaczymy, duży bardzo wpływ na skład gruntowej wody, która się przez tę warstwę przesączyć musi.

Czy przy ściekaniu opadów w głąb ziemi mamy w rzeczy samej do czynienia z rzeczywistym przesączaniem się, nie jest nawiasem mówiąc kwestyą zupełnie wyjaśnioną: z początku uważano ten przebieg za nieulegający wątpliwości i ta teoria infiltracyjna, zapoczątkowana przez *P e t t e n k o f e r a* ogólnie się ustaliła. Z biegiem czasu jednakowoż wystąpiły na jaw pewne sprzeczności z teorią (fakt np., że w niektórych miejscowościach ilość wody zaskórnej jest względnie mała w miesiącach bardzo dżdżystych, duża w miesiącach suchych, dalej fakt, że nawet po deszczach bardzo obfitych względnie mała tylko warstwa ziemi tuż przy powierzchni wilgotnieje, poniżej zostaje suchą i t. d.); to skłoniło *V o l g e r a* do hipotezy, że woda gruntowa powstaje drogą zupełnie odmienną, mianowicie przez skroplenie wilgoci zawartej w dostającym się do ziemi powietrzu. Rozstrzygnięcia pomiędzy tą teorią kondensacyjną a teorią dawniejszą, rozstrzygnięcia bardzo ważnego dla oceny charakteru wody gruntowej dotychczas jeszcze nie mamy; przypuszczać należy, jak to np. czyni *M e z g e r*, że i jedno i drugie zjawisko ma miejsce. Bez względu na to, w jakim sensie pytanie to z czasem zostanie ostatecznie rozstrzygnięte, o jednym jeszcze nie należy zapominać fakte: o tem mianowicie, że bardzo często do wody gruntowej może przyłączyć się i woda powierzchniowa, a to dzięki większym i mniejszym, często bardzo małym szczelinom, w które obfituje powierzchnia ziemi, a które nieraz głęboko sięgają.

Przy zaopatrywaniu się w wodę, czy to opadową, czy powierzchniową czy wreszcie gruntową, możemy to czynić albo pojedynczo dla poszczególnych domów, zakładając w tym celu małe zbiorniki, względnie pojedyncze studnie, albo zakładając instalacje, obejmujące szereg domów. W tym celu z większej ilości studzien czerpiemy wodę do wspólnego zbiornika, skąd rurami zostaje rozprowadzona po danej miejscowości i w ten sam sposób zbieramy też wodę powierzchniową np. z jeziora naturalnego lub sztucznego, utworzonego na rzece przez zastawę. To rezerwoarowanie wody posiada dwie duże zalety. Po pierwsze ułatwiając odbiory zaopatrzenie się w wodę, zachęca do większego jej zużycia, co jest ważne pod



względem higienicznym. Zauważyć należy w tem miejscu, że do picia używamy wody względnie niewiele (1,5 litra na dzień na osobę) w porównaniu z tą ilością, jaka służy do gotowania, mycia i t. p. celów (około 40-tu litrów); jeszcze większą jest ilość, potrzebna do celów przemysłowych, do polewania ulic i t. d., tak że np. w Niemczech przeciętne dzienne zużycowanie wody wynosi około stu litrów na głowę, przyczem wieś zużywa jej mniej niż miasto (Berlin np. około stu trzydziestu litrów). Jeszcze większe zużycie wody widzimy w Ameryce, gdzie w kilku miastach dochodzi ono do paruset litrów dziennie, a w Filadelfii wynosi okrągły tysiąc. Drugą zaletą gromadzenia wody w większych zbiornikach i rozprowadzania jej stamtąd po całej miejscowości jest możliwość dokładniejszego usunięcia z niej niepożądanych nieczystości i łatwiejszej kontroli nad jej stanem: urządzenia wodociągowe z roku na rok zyskują na terenie.

Z trzech rodzajów wody: opadowej, powierzchniowej i gruntowej pierwsza ze składu swego najbardziej zbliża się do wody czystej, destylowanej. Zawiera ona jedynie te składowe części, jakie znajdują się w powietrzu, a więc tlen, azot i dwutlenek węgłowy, dalej w niewielkiej ilości tworzące się pod wpływem wyładowań elektrycznych z azotu i tlenu w obecności wilgoci kwas azotawy i azotowy, wreszcie czasem trochę innych zanieczyszczeń powietrza: amoniak, kwas siarkowy, kwas solny, sadzę i bardzo małą ilość bakterji; przypomnieć należy w tem miejscu, że w śniegu bakterji zawartych jest więcej, niż w deszczu. Opadłszy na powierzchnię ziemi i stojąc na niej lub ściekając po niej, woda wystawiona zostaje na cały szereg czynników zewnętrznych, skutkiem czego skład wody powierzchniowej bywa bardzo niejednorodny. Czasami zbliża się ona do wody opadowej, czasami oddala bardzo, wchłaniając w siebie cały szereg dodatków: zawiesin i rozpuszczalnych ciał natury nieorganicznej i organicznej i produktów dalszej odbudowy tych ostatnich, a więc prostszych związków węglowych, a także azotowych; prawie zawsze np. zawiera ona pewne ilości amoniaku. Stojąca woda szczególnie w większych zbiornikach (jeziorach) z biegiem czasu osadza w bardzo daleko idący sposób większość swych zawiesin, stając się na tyle klarowną i czystą, że np. w Ameryce z jeziora Erie i Michiganu czerpią ją wprost do wodociągów bez uprzedniego oczyszczenia.

Co do wody gruntowej, to oczywiście bez względu na teorię powstawania jej musi się ona różnić od wody i opadowej i powierzchniowej, ponieważ przechodząc pionowo a następnie mniej lub więcej poziomo przez warstwę przepuszczalną, ulega ona przeobrażeniom, tracąc pewne składniki dro-

gą filtracji, a wchłaniając inne składniki przez zetknięcie z materiałem otaczającym. Filtrowanie, które odbywa się w warstwie porowatej, uwalnia wodę gruntową najczęściej od dostrzegalnych dla oka a więc wywołujących zmętnienie zawieszin, i to oczywiście w sposób tem gruntowniejszy im bardziej mialki jest piasek filtrującej warstwy; uwalnia ono ją zarazem dzięki okolicznościom, o których przy oczyszczaniu wody będzie mowa, od niedostrzegalnych dla oka bakterii. Niezawsze pomimo to gruntowa woda odznacza się klarownością; pominiawszy te wypadki, gdzie dostaje się do niej dzięki szczelinom niefiltrowana powierzchniowa woda, mętnienie jej może być wywołane przez zetknięcie z gliną, posiadającą szczególną dążność tworzenia drobniotkich zawieszin i przez zetknięcie ze związkami t. zw. humusowemi. Te ostatnie, nieznanne nam jeszcze dokładnie ze swego składu, są resztkami substancji roślinnych, posiadają niewątpliwie wysoki ciężar cząsteczkowy i jako takie z wodą dają mętne koloidalne roztwory. Roztwory te zabarwione są na kolor żółtawy, posiadają bardzo charakterystyczny zapach i prawie zawsze wykazują też obecność żelaza. Niezawsze obecność tego ostatniego łączy się z obecnością związków humusowych: często woda gruntowa wypływająca z dużej głębi, zawiera żelazo (w formie dwuwęglanu) jako produkt rozkładu siarczku żelaza przez dwutlenek węglowy i wtedy zawiera ona i siarkowódór, który nawiasem mówiąc, przy tem pochodzeniu nieorganicznym pomimo swego nieprzyjemnego zapachu nie jest bynajmniej wskaźnikiem wody zepsutej i niezdrowej i żadnych obaw nie powinien wywoływać. Dwutlenek węglowy zawarty jest w wodzie gruntowej w ilości względnie o wiele większej aniżeli w wodzie powierzchniowej; podczas kiedy w tej ostatniej mamy zaledwie  $0,35^{0/00}$   $\text{CO}_2$  przy znacznie większej ilości rozpuszczonego tlenu w wodzie gruntowej ilość tlenu jest mniejszą a ilość  $\text{CO}_2$  wzrasta do  $10^{0/00}$ ; pochodzi to stąd, że procesy utleniające, odbywające się przy przesiąkaniu wody, pochłaniają tlen, a wytwarzają dwutlenek węglowy.

Daleko większą aniżeli w wodzie powierzchniowej jest ilość rozpuszczonych w wodzie gruntowej ciał stałych: dostają się one tam dzięki rozpuszczeniu albo zwykłemu, albo też chemicznemu przy współdziałaniu dwutlenku węglowego: składają się na nie głównie węglany i dwuwęglany wapnia i magnezu, dalej chlorki alkali i gips (siarczan wapnia), a w szczególnych wypadkach (patrz wyżej) występują także związki żelaza i wreszcie manganu. W końcu, przechodząc przez pokłady zasobne w związki humusowe, może woda gruntowa nabrać związków organicznych, o czem wyżej już była mowa.

Do tych normalnych składowych części wody gruntowej,

które są naogół niewinne pod względem zdrowotnym i gdy jeszcze uprzytomnimy sobie nieobecność lub bardzo małe ilości drobnoustrojów, jakie woda ta zawiera, zapewnią jej znakomitą wyższość nad wodą opadową i powierzchniową, mogą przyłączyć się w pewnych poszczególnych okolicznościach jeszcze dodatki inne, mniej niewinne: przechodząc przez grunt, w którym znajdują się odpadki organiczne (zwierzęce), rozłożone już częściowo lub całkowicie, woda gruntowa może się niemi obładować, wykazując wtedy obecność nietylko znaczniejszej ilości węglowych związków, ale i azotanów, azotynów, amoniaku, wreszcie siarczanów i fosforanów. Są to jednak dodatki wtórne, ważne bardzo, jak potem zobaczymy, dla wydania sadu o wartości gruntowej wody, ale nie towarzyszące wodzie tej normalnie. Do takich samych dodatków zaliczyć należy i materiał rur wodociągowych, w pierwszym rzędzie ołów, który w odpowiednich okolicznościach może się nieco w wodzie gruntowej rozpuścić, zanieczyszczając ją w sposób często niebezpieczny.

### Badanie i ocena wody<sup>1)</sup>.

Przy czerpaniu wody, czy to źródlanej, studziennej, czy też rzecznej lub innej, która ma być poddana zbadaniu, należy zachować cały szereg ostrożności: pracować oczywiście z naczyniami zupełnie czystymi, wypłukać je najlepiej przed napełnieniem parę razy tą samą wodą, uważać, aby przy napełnianiu nie dostały się do wody zanieczyszczenia postronne i t. p.; specjalne urządzenia niezbędne są wtedy, gdy idzie o oznaczenie nietylko ciał stałych, ale i rozpuszczonych w wodzie gazów. Oznaczenia te chemiczne wykonane być mogą w wodzie nawet po dłuższym jej staniu, natomiast zbadanie cech zewnętrznych, od których analizę zazwyczaj zaczynamy, należy wykonać wkrótce po zaczerpnięciu próby. Do takich cech zewnętrznych należą: klarowność, barwa, zapach i smak.

Barwę i klarowność stwierdzamy najłatwiej, napełniając wodą cylindry z bezbarwnego szkła o średnicy mniej więcej trzech i wysokości dwudziestu do trzydziestu centymetrów i obserwując słup płynu z góry: żółtawo-brązowe zabarwienie i mętność wskazują na obecność substancji humusowych, więcej żółte zabarwienie na obecność gliny, czerwone na obecność żelaza, białawe na obecność węglanu wapnia. O ile moż-

<sup>1)</sup> Szczegółowe dane, dotyczące poruszonych w tym rozdziale kwestji, znaleźć można w dziełku: Dr. Untersuchung und Beurteilung des Wassers und der Abwässer, von Dr. W. Ohlmüller und Prof. Dr. O. Spitta, Berlin 1910.



na, staramy się zawiesiny odsączyć i poddać badaniu osobnemu osad i przesącz.

Zapach (np. drobnych ilości siarkowodoru, substancji humusowych) najlepiej daje się stwierdzić w wodzie ogrzanej pod nad temperaturę pokojową do jakich czterdziestu, pięćdziesięciu stopni.

Smak naodwrot najlepiej można rozpoznać przy temperaturze trochę niższej (15° do 20°): najłatwiej odczuć się daje na języku smak żelaza (podobny do atramentu), występuje on już wyraźnie przy ilości wynoszącej miligram na litr, dalej smak magnezowych soli i smak soli kuchennej; mniej łatwo stwierdzić można obecność wapnia (twardość wody), usposobienie indywidualne dużą gra tutaj rolę.

Zapoznawszy się jeszcze (za pomocą barwnika lakmusowego) z reakcją danej wody (alkaliczną, obojętną lub kwaśną), przystępujemy do właściwego badania chemicznego, które może mieć charakter bądź jakościowy tylko, bądź też ilościowy. Naogół o wiele odpowiedniejszym jest ilościowe oznaczenie rozmaitych, znajdujących się w wodzie domieszek, tembardziej, że oznaczenie to daje się wykonać środkami jak najprostszymi, opierającymi się na metodach miareczkowania i czyniących zbędnem użycie czułych i drogich wag analitycznych.

Wyjątek pod tym względem stanowi tylko oznaczenie, od którego analizę chemiczną wody zaczynamy, a mianowicie oznaczenie całości, znajdujących się w niej ciał stałych (t. zw. pozostałości od wyparowania) i całości nieorganicznych związków w wodzie. Wykonywamy je, wyparowując 200 do 500 centymetrów sześciennych wody w zważonej parowniczce porcelanowej lub platynowej, susząc pozostałość w suszarce w temperaturze 100° do 110° i ważąc z powrotem. Prażąc tę pozostałość aż do zwęglenia i ważąc znowu, otrzymujemy ilość substancji nieulatniających się. Zazwyczaj ta pozostałość uważana jest za całość nieorganicznych związków, zawartych w wodzie, część lotna zaś za część organiczną. Ściśle rzecz biorąc tak nie jest, ponieważ wiemy, że i niektóre związki nieorganiczne (azotyny, azotany, siarczany, nawet węglany) podczas prażenia rozkładają się, tracąc na wadze. Ilościowe badanie przebiegu prażenia nie prowadzi więc w zupełności do celu i doskonale może być zastąpione jakościową obserwacją zmian, jakie w wyższej temperaturze mają miejsce: słabe tylko żółknienie lub zbrunatnienie w czasie prażenia osadu, znajdującego się w parowniczce, jest wskazówką, że zwęglających się substancji organicznych jest niedużo, mocne zciemnienie, które dopiero powoli ustępuje, wskazuje, że jest ich więcej. Nawet i ocena pozostającego przy wyparowaniu osadu przy niejkiej wprawie daje się wykonać bez ważenia — na tyle przy-



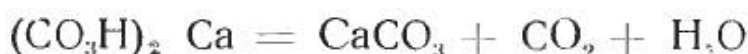
najmniej, aby wiedzieć czy ma się do czynienia z wodą bardzo zbliżoną do destylowanej, lub też bardzo od niej oddaloną.

Nieorganiczna pozostałość od prażenia składa się przeważnie z soli tych dwóch metali, które w wodzie naturalnej najczęściej spotykamy: wapnia i magnezu. Dla oznaczenia każdego z nich z osobna posiadamy dokładne analityczne metody. Przy analizie wody wystarcza zazwyczaj jednak ich oznaczenie wspólne, które ze względu na to, iż dwa te metale nadają wodzie cechy twardości, nazywamy oznaczeniem twardości wody.

Oznaczenie twardości wody opiera się na tem, iż kwasy organiczne, znajdujące się w tłuszczach (np. kwas palmitynowy  $C_{15}H_{31}.CO_2H$ ) z potasowcami dają sole w wodzie rozpuszczalne (t. zw. mydła), których roztwory przy wskłócaniu pienią się (dzięki zwiększeniu napięcia powierzchniowego wody), z metalami zaś innymi, a więc i z magnezem i z wapniem dają sole w wodzie nierozpuszczalne; że zatem roztwór mydła, zadany równoważną ilością soli np. wapniowej, osadzając palmitynian, stearynian i t. d. wapnia, traci zdolność pienienia się. Ogólną ilość wapnia i magnezu, zawartego w danej próbie wody, możemy więc znaleźć, dodając do niej powoli mydła i wskłócając do tej chwili, gdy przy wskłócaniu woda zacznie się pieniść. To miareczkowanie — t. zw. miareczkowanie metodą Clarka — wykonywamy w ten sposób, że wodę umieszczamy w cylinderku z doszlifowanym korkiem, roztwór mydła zaś w biuretce, a rezultat wyrażamy w t. zw. stopniach twardości; w Niemczech stopnie twardości oznaczają liczbę miligramów tlenku wapnia w stu kubikach wody (względnie gm. tlenku wapnia w dziesięciu litrach wody), albo też liczbę tę pomnożoną przez 1,4 dla tlenku magnezu; sam roztwór mydła nastawiony jest w ten sposób, że 45 jego kubików odpowiada 12 miligramom tlenku wapnia. Z pomocą tablic, które wprowadzają jeszcze pewne poprawki przy rozcieńczeniach, możemy z objętości zużytego mydła z łatwością odczytać stopień twardości. Zauważyć należy, że stopnie podług których mierzona jest twardość wody we Francyi, odpowiadają ilości miligramów węglanu wapnia w stu kubikach wody, są więc mniejsze od niemieckich (w stosunku 56:100), i że również mniejszymi (w stosunku 8:10) są stopnie angielskie, liczące podług ilości miligramów węglanu wapnia w 70 kubikach wody. Za wodę miękką uważamy wodę o mniej niż 10-u stopniach twardości, za wodę twardą taką, która wykazuje więcej, jak 14 stopni. Przeważnie twardość ta zostaje wywołana obecnością soli wapniowych, w mniejszym stopniu soli magnezowych, czasami jednak rzecz się ma odwrotnie. W tym ostatnim wypadku przy miareczkowaniu metodą Clarka ma miejsce mała komplikacja,

która przez niejaki czas wartość tej metody obniżyła: tworzące się mianowicie tłuszczowe sole magnezu tworzą białą, lżejszą od wody błonkę, osiadającą na powierzchni i naśladującą pianę: w tych wypadkach należyte rozcieńczenie badanej wody okazuje się doskonałym środkiem zapobiegawczym.

Wapń (a także magnez) znajduje się w wodzie zazwyczaj w formie dwuwęglanu, łatwo przemieniającego się w myśl równania



w prawie nierozpuszczalny (a więc i nie strącający mydła) węglan. Twardość, jaką nam daje badanie wody świeżej, jest więc wartością zmienną i nazywamy ją twardością przemijającą. Gotując wodę przez jakiś czas, skuteczniamy przemianę, wyrażoną w równaniu i badając ją znów mydłem, znajdujemy twardość mniejszą: tę ostatnią twardość, która wywołana zostaje obecnością innych soli, aniżeli dwuwęglanu (siarczanu, chlorku) nazywamy twardością trwałą.

Z metali innych, znajdujących się w wodzie, potasowce pod względem higienicznym nie grają żadnej roli i dlatego wykrywanie ich jest rzeczą zbyteczną. Daleko ważniejszą jest obecność żelaza, które w wodzie gruntowej od początku może towarzyszyć i ołowiu, który do niej z rur wodociągowych może się dostać. I jeden i drugi metal wykrywamy jakościowo i oznaczamy ilościowo przy pomocy barwnych reakcji, jakie dają: żelazo z rodankiem potasu, a ołów z siarkowodorem. Żelazo, które w wodzie znajduje się w formie dwuwartościowej, jako kwaśny węglan, w tym celu należy utlenić (za pomocą szczypty chloranu potasu) na formę trójwartościową; z rodankiem potasu otrzymujemy zabarwienie czerwone, a jeżeli wykonamy reakcję w cylindrze szklanym z odmierzoną ilością wody i ustawimy obok parę cylindrów, w których rozmaite odcienie czerwonego zabarwienia wywołane zostały rozmaitemi, dokładnie odmierzonymi ilościami żelaza, to przez porównanie łatwo i dokładnie bardzo oznaczyć możemy, ile woda żelaza zawiera. Tą samą zupełnie metodę kolorymetryczną stosujemy i do ołowiu, który z siarkowodorem w stężeniu większem daje wprawdzie osad, w małym natomiast jedynie brunatne zabarwienie, o natężeniu dokładnie zależnem od ilości ołowiu. Tą samą wreszcie kolorymetryczną metodą posługujemy się dla wykrycia składnika wody, częstszego od ołowiu, a mianowicie amoniaku. Do charakterystycznych reakcji amoniaku należy reakcja z t. zw. odczynnikiem Nesslera, roztworem podwójnej soli jodku rtęci i jodku potasu ( $\text{HgI}_2 \cdot 2\text{IK}$ ) w ługu. Roztwór taki z większemi ilościami amoniaku daje czerwony

osad, z mniejszemi czerwono-żółte zabarwienie, które tak jak przy żelazie i ołowiu porównać możemy z zabarwieniem, wywołanem sztucznie przez znane nam ilości amoniaku: reakcja jest tak czuła, że pozwala ona nam wykryć 0,05 mg. amoniaku w litrze wody, a nawet okazuje się, że w tem ogromnem rozcieńczeniu jest ona najczulszą i daje rezultaty najdokładniejsze; przy większych ilościach amoniaku wodę należy rozcieńczyć.

Ze znajdujących się w wodzie kwasów (zobojętnionych oczywiście przez metale, względnie przez amoniak) niedużą względnie rolę grają kwas solny i kwas siarkowy. Pierwszy z nich wykrywany za pomocą azotanu srebra (otrzymując białe, serowate, ciemniejące na świetle osady) i oznaczamy ilościowo, miareczkując azotanem srebra: jako wskaźnika używamy chromianu potasu, uważając przytem, aby roztwór był obojętny (metoda Mohra). Co dotyczy kwasu siarkowego, to do niedawna i do jakościowego wykrycia i do ilościowego oznaczenia można było posługiwać się jedynie straceniem za pomocą chlorku barowego, metodą bardzo czułą, bardzo dokładną, ale wymagającą wszystkich urządzeń do grawimetrycznego oznaczania. W ostatnich dopiero latach opracowana została metoda, sprowadzająca się do miareczkowania i dająca nader dobre wyniki. Polega ona na tem, że kwas siarkowy daje z benzydynam osad prawie nierozpuszczalny w wodzie, łatwo w wyższej temperaturze hydrolizujący się na benzydynam i wolny kwas, który w następstwie zwyczajnie ługiem możemy zmiareczkować.

W wykonaniu, opracowanem przez Raschiga, postępujemy w ten sposób, że wodę, którą badamy, zadajemy nadmiar chlorowodoru benzydynamy rozpuszczonego w wodzie, utworzony osad odsączamy dokładnie na małym sączku do ssania, przemywany niewielką ilością wody, splukujemy wraz z bibułą do kolbki, dającej się szczelnie zakorkować, przetrząsamy aż do rozbicia papieru na drobne włókienka, ogrzewamy mniejwięcej do 60° i po dodaniu fenoltaleiny miareczkujemy ługiem.

Ważniejszymi od kwasu solnego i siarkowego przy analizie wody są kwasy azotawy i azotowy. Pierwszy z nich wykazuje cały szereg reakcyi barwnych, dających się także wykryć kolorymetrycznie dla oznaczenia ilościowego.

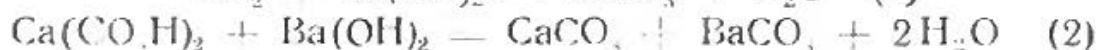
Najważniejszymi są: żółte zabarwienie, występujące (w kwaśnym roztworze) z meta-dwuamitobenzolem (tworzenie się barwnika azowego) i niebieskie zabarwienie, występujące (również w kwaśnym roztworze) z jodkiem cynku i krochmallem (tworzenie się wolnego jodu drogą utlenienia jodowodoru i połączenie się jodu z krochmallem na niebieski addycyjny



związek), ta ostatnia reakcja jest jedną z najczulszych, jakie w ogóle w chemii znamy i pozwala nam wykryć i oznaczyć jedną dziesięciomilionową część kwasu azotowego w wodzie.

Bardzo czułem są także reakcje, jakie daje kwas azotowy, a z których na szczególną uwagę zasługują: 1) czerwone zabarwienie w obecności stężonego kwasu siarkowego z kryształkiem brucyny i 2) niebieskie zabarwienie również w obecności stężonego kwasu siarkowego z dwufenylaminą. Wreszcie możemy kwas azotowy przez dodanie szczypty sproszkowanego cynku w parę sekund przeprowadzić w kwas azotowy i wykryć ten ostatni jodkiem cynku i krochmalcem. W nieobecności kwasu azotowego jest to może najlepsza metoda do stwierdzenia obecności kwasu azotowego w wodzie. Oznaczenie ilościowe tego kwasu najprościej — pomijając tu metody bardziej skomplikowane — daje się uskuteczyć drogą utlenienia indyga. Do wody, zadanej stężonym kwasem siarkowym i ogrzanej wskutek tego znacznie, dodajemy z biurety zmiareczkowany roztwór indyga aż do chwili, kiedy odbarwienie, które z początku ma miejsce, się skończy i wystąpi barwa zielonkawa.

Ważną po za azotowym i azotowym kwasem rolę w wodzie gra także kwas węglowy. Może on się w niej, naogół mówiąc, znajdować w formie albo wolnego kwasu, albo soli, które wskutek dwuzasadowości kwasu mogą być solami kwaśnymi (np.  $\text{Ca}[\text{CO}_3\text{H}]_2$ ) lub obojętnymi (np.  $\text{CaCO}_3$ ). Obecność jednocześnie wolnego kwasu i soli obojętnych wyklucza się oczywiście nawzajem. Najczęstszą kombinacją dla większości wód naturalnych okazuje się kombinacja: wolny kwas węglowy + kwaśne węglany. Chcąc w wodzie takiej stwierdzić obecność wolnego kwasu, dodajemy parę kropeł wysokiego roztworu auryny (kw. rozolowego), przyczem powinniśmy otrzymać zabarwienie żółte. Chcąc wykryć obecność kwasu w ogóle, bez względu na to, czy jest on w formie wolnej, czy też w formie kwaśnej soli, dodajemy pipetką klarownej wody barytowej, przyczem w myśl równań



powinien opaść osad węglanu obojętnego. Dla strącenia znajdujących się w wodzie soli, które również mogą z wodą barytową dać zmętnienie (np. siarczanów), dodajemy poprzednio nieco chlorku barowego. — Na zupełnie tych samych zasadach oprócz możemy ilościową pracę. Wolny kwas węglowy oznaczamy, miareczkując ostrożnie ługiem, aż w obecności fenolitaleiny wystąpi czerwone zabarwienie, ogół kwasu





węglowego znajdujemy, zadając daną ilość wody chlorkiem barowym i odmierzoną ilością miareczkowanej wody barytowej, czerpiąc pipetą po dwunastogodzinnem staniu i sklarowaniu się roztworu pewną, np. trzecią jego część i oznaczając miareczkowo (np. kwasem szczawiowym) pozostałą jeszcze ilość wodorotlenku barowego: ta ilość, która znikła, odpowiada w myśl równań (1) i (2) węglowemu kwasowi.

Do kategorii kwasów można w końcu zaliczyć i siarkowodór, który jak wyżej było wspomniane, czasami się trafia w wodzie naturalnej. Pominąwszy czułą bardzo reakcję z roztworem ołowiu (patrz wyżej), dla wykrycia drobnych nawet ilości siarkowodoru posiadamy bardzo dokładny odczynnik w t. zw. nitroprussydki sodu: daje on w zalkalizowanym roztworze siarkowodoru piękne fioletowe zabarwienie. I jedną i drugą reakcję możemy wyzyskać ilościowo, posługując się metodą kolorymetryczną, tak jak to wyżej przy żelazie i ołowiu zostało podane.

O wykrywaniu i oznaczaniu ilościowym poszczególnych związków organicznych, które w wodzie mogą się znajdować, dotychczas jeszcze niema mowy: zbyt one są różnorodne i zbyt mało jest dotychczas rozwinięta chemia analityczna związków organicznych. Widzieliśmy, że przybliżone pojęcie o obfitości lub ubóstwie wody pod względem składników organicznych daje nam obserwowanie zmian, jakie zachodzą z osadem, pozostającym przy wyparowaniu wody, gdy go prażymy. Trochę dokładniej, aczkolwiek też nie zupełnie ściśle informuje nas pod tym względem metoda, polegająca na traktowaniu wody nadmanganianem potasu. W odróżnieniu od nieorganicznych, zawartych w wodzie soli (z wyjątkiem azotynów i soli dwuwartościowego żelaza) wszystkie organiczne związki dają się w odpowiednich warunkach utlenić: jak daleko w wodnym roztworze utlenienie to zachodzi, czy doprowadza aż do zupełnego spalania węgla (na dwutlenek węglowy) i wodoru (na wodę), czy też zatrzymuje się na produktach pośrednich, to należy od szeregu czynników: od natury związku organicznego i utleniacza, od koncentracji, od temperatury, od czasu. Utlenienie daje więc rezultaty bardzo względne. Dla oznaczenia tą drogą substancji organicznych w wodzie, przyjęto przeważnie posługiwać się setnym normalnym roztworem nadmanganianu w obecności kwasu siarkowego i dla zniszczenia substancji organicznych gotować przez pięć minut. Nadmanganian dodajemy z biurety w nadmiarze, po gotowaniu część niezużyta oznaczamy, miareczkując setnym normalnym roztworem kwasu szczawiowego i rezultat ostateczny wyrażamy w ilości miligramów tlenu, użytego na litr wody. O ile woda zawiera sól żelazawą, to dla uwzględnie-

nia tego czynnika miareczkujemy specjalną próbę wody na zimno, przyczem tylko żelazo ulega utlenieniu przez nadmanganian. Kwas azotawy w tych drobnych ilościach, w jakich się zazwyczaj w wodzie znajduje, na rezultat oksydymetryczny dosyć wyraźnego wpływu nie wywiera. — Nadmanganianem posługujemy się przy badaniu wody jeszcze i w innym celu, mianowicie dla wykrycia, jak wielki mniej więcej odsetek wśród związków organicznych stanowią związki, zawierające azot. Związki takie przy gotowaniu z alkalicznym roztworem nadmanganianu potasu odszczepiają znaczną część swego azotu w formie amoniaku; chcąc go oznaczyć, oddestylowujemy najsamprzód ze zakalizowanej wody znajdujący się w niej gotowy amoniak, dodajemy do pozostałości nadmanganianu, destylujemy dopóty, dopóki próba przekropu przestaje dawać reakcję Nesslerowską i oznaczamy amoniak, nessleryzując przekrop, tak jak to wyżej było podane.

Ostatniem z oznaczeń, dotyczących wody, któremu parę słów poświęcić należy, jest oznaczenie rozpuszczonego w niej tlenu. Oznaczenie to wykonać można, dodając do odmierzonej ilości wody w specjalnie urządzonych fiolkach ługu i znacznej ilości soli żelazawej lub manganawej, przyczem należy uważać, aby do wody nie dostało się powietrze. Przy przetrząśnięciu następuje najsamprzód strącenie wodorotlenków żelazawego  $Fe(OH)_2$  i manganowego  $Mn(OH)_2$ , a następnie ich częściowe utlenienie na wodorotlenek żelazowy  $Fe(OH)_3$  i manganowy  $Mn(OH)_3$ . Ilość utworzonego trójwartościowego żelaza możemy oznaczyć, dodając kwasu i miareczkując nieutlenione dwuwartościowe żelazo nadmanganianem potasu; ilość zaś trójwartościowego manganu daje się oznaczyć najlepiej, jeżeli na samym początku wraz z ługiem dodano nieco jodku potasu: przy zakwaszeniu pod wpływem trójwartościowego manganu tworzy się jod, który tiosiarczanem można zmiareczkować. Z ilości tiosiarczanu i z ilości nadmanganianu ilość tlenu zawartego w wodzie łatwo daje się obliczyć.

Do chemicznej analizy wody, jako część druga badania przyłącza się analiza bakteriologiczna, którą stwierdzamy obecność względnie nieobecność tych lub innych drobnoustrojów. Wynik badania bakteriologicznego zazwyczaj zadawania badacza, w najczęstszych bowiem wypadkach może on z obserwacji swoich wyciągnąć wniosek, czy dana woda jest bezwzględnie dobra, czy też bezwzględnie do użytku się nie nadaje, albo wreszcie czy uważać ją należy za zlekka podejrzaną. Trudniejszą jest ocena wyniku analizy chemicznej, ponieważ przytoczone wyżej domieszki wody jak o t a k i e szkodliwymi nie są.

Dotyczy to w pierwszym rzędzie głównej składowej czę-

ści tych domieszek, soli wapniowych i magnezowych. Twarda woda pod względem zdrowotnym uważana jest powszechnie za nieszkodliwą, zwłaszcza jeżeli twardość zawarunkowana jest głównie dwuwęglanem wapnia. O ile zamiast wapnia występuje w znaczniejszej ilości magnez, a także zamiast kwasu węglowego kwas siarkowy, spożycie takiej wody może wywołać biegunkę, aczkolwiek po pewnym czasie organizm ludzki do niej się przyzwyczaja.

Za bezwzględnie nieszkodliwe uważać należy też zabarwienie i zmętnienie, wywołane obecnością zawieszin gliny lub związków humusowych; że jednak woda taka może się wydawać nieapetyczną i wywoływać uczucie odrazy, to rozumie się samo przez się. To samo uczucie może wywołać i woda, zawierająca żelazo; przy stanie na powietrzu żelazo to, znajdujące się, jak już wspomniano, w wodzie w formie dwuwęglanu żelazawego, utlenia się na żelazo trójwartościowe, to ostatnie odtrąca resztę kwasową i osiada jako wodorotlenek żelazowy; woda więc ciemnieje, mętnieje i, nie stając się jako taka szkodliwą, nabiera cech nieapetycznych.

Co do wolnego kwasu węglowego i tlenu, to i te dwie domieszki same przez się szkodliwemi nie są bynajmniej; szkodliwość ich może wystąpić tylko w pewnych ściśle ograniczonych warunkach, wtedy mianowicie, gdy woda, zawierająca znaczniejszą ich ilość, styka się z metalami, a głównie z ołowiem; przy przeprowadzaniu przez ołowiane rury wodociągowe woda taka może ołów zaatakować, rozpuszczając go w formie dwuwęglanu i tą drogą może się zanieczyścić bardzo trującym, bardzo nieprzyjemnym dodatkiem.

Nieco inaczej przedstawia się kwestya obecności związków azotowych i węglowych w wodzie. Wprawdzie ani amoniak, ani kwas azotowy lub azotawy, ani wreszcie działające na nadmanganian substancje organiczne nie są — w tych przynajmniej ilościach, w jakich mogą się w wodzie znajdować — przy spożyciu szkodliwemi. Ich obecność pomimo to jest niepożądaną i czyni wodę podejrzaną. Są one wszystkie resztkami i produktami przemiany skomplikowanych substancji organicznych, a o ile ilość azotu jest niezbyt mała, substancji zwierzęcych, ich obecność wskazuje więc na to, że woda weszła w zetknięcie z rozkładającymi się substancjami, że zatem może ona zawierać ciała trujące; amoniak, kwas azotawy i kwas azotowy są więc ostrzeżeniem dla badającego, wtedy szczególnie, gdy idzie o amoniak, a jeszcze więcej o kwas azotawy. Azotowy kwas jest substancją trwałą, jest to ostatnie ogniwo w łańcuchu przemian azotu organicznego i woda długi czas może płynąć, nie pozbywając go się. Natomiast amoniak, a jeszcze bardziej kwas azotawy są związkami o budowie



chwiejnieszkiej; ich obecność wskazuje na to, że zetknięcie się wody z środowiskiem rozkładowym nastąpiło w odległości niewielkiej, a więc i prawdopodobieństwo istnienia jeszcze niezniszczonych substancji chorobotwórczych i trujących jest większe. W tym wypadku badający wodę powinien bezwarunkowo zapoznać się z terenem, po którym płynie, albo z którego wydobywa się woda, stwierdzić np., czy nie wsiąkają do niej wody ściekowe, czy nie przepływa obok ustępów i t. p. Ale i wtedy, gdy badanie chemiczne nie podejrzanego w wodzie nie wykaże, zbadanie terenu wydaje się koniecznym uzupełnieniem analizy chemicznej i bakteryologicznej; z tego już choćby względu, że dopływ brudu może chwilami ustawać, że analiza mogła być wykonana w wyjątkowej chwili, gdy dopływu takiego nie było.

Nieco inaczej przedstawia się sprawa wody dobrej i szkodliwej, gdy idzie nie tylko o spożywanie jej, ale i o zastosowanie do celów przemysłowych. Do kotłów, jak wiadomo, wody twardej używać nie możemy z powodu obawy tworzenia się kamienia kotłowego; nie nadaje się też woda twarda z powodu działania na mydło (patrz wyżej) do prania i mycia, warzywa strączkowe z wodą twardą nie rozgotowują się należycie, herbata i kawa nie dają aromatu należytego. Dalej wspomnieć należy, że do farbiarni i garbarni używać można tylko wody czystej, bezbarwnej, a więc i wolnej od żelaza, do cukrowni wody wolnej od substancji organicznych i od kwasu azotowego.

### Oczyszczanie wody.

Tam, gdzie woda z powodu obecności tych lub innych niepożądanych dodatków do użytku jest nieodpowiednią, należy ją od nich, o ile można, uwolnić. Oczyszczenie wody idzie głównie w trzech kierunkach, staramy się mianowicie usunąć zupełnie lub zmniejszyć możliwie znajdujące się w niej 1) zawiesiny, 2) rozpuszczone związki chemiczne i 3) żyjące organizmy.

Zawiesiny, które się w wodzie trafiają, mogą być ciałami martwymi, nieorganicznymi związkami, jak glina, organicznymi związkami, jak substancje humusowe, albo też organizmami żyjącymi jak np. plankton w wodach powierzchniowych. I w jednym i w drugim wypadku granicy ścisłej pomiędzy zawiesinami dostrzegalnymi dla oka, a więc wywołującymi zmętnienie, a niewidocznymi zawiesinami niema, zależy ona od środków pomocniczych, którymi wodę optycznie badamy. Bakterie, które tak ważną rolę dla wody odgrywają, nie zaliczane bywają zazwyczaj do zawiesin; są one tak drobne, że



potrzeba ich wiele milionów na centymetr sześcienny, aby wywołać dostrzegalne dla oka zmętnienie.

Usunięcie zawiesin daje się przeprowadzić dwiema drogami: drogą sedymentacji i drogą filtrowania. Sedymentacja, czyli powolne osiadanie przy spokojnem staniu, jest metodą prostszą, ale nie radykalną. Okazuje się bowiem, że zależy ona w wysokim stopniu od koncentracji: im ta jest większa, tem zupełniejsze jest osiadanie, im mniejsza, tem mniej zupełne. Z tem wiąże się fakt, że ilość drobnego osadu przy staniu nie wzrasta proporcjonalnie do czasu, ale że z początku ilość ta jest względnie duża, później mniejsza, w końcu coraz mniejsze ilości ulegają sedymentacji: oczyszczanie więc mętnej wody tą drogą jest niezupełne, i pomimo, iż znaczna część bakteryi, o ile znajduje się w wodzie, zostaje też porwana i osadzona wraz z mulem, musimy sedymentację uważać jedynie jako czyszczenie przedwstępne wody. Jak dalece sedymentacja ustępuje filtrowaniu, mamy klasyczny przykład na wodzie w Hamburgu i w Altonie w pamiętnym roku 1892: woda Elby, oczyszczona w Hamburgu tylko przez sedymentację, wywołała epidemię cholery, ta sama woda w sąsiadującej z Hamburgiem Altonie, oczyszczona przez filtrowanie, okazała się tak zdrową, że epidemia się tam wcale nie rozwinęła. Próbowano pomódz sztucznie sedymentacji przez dodanie związków chemicznych, np. wodorotlenku żelazowego, siarczanu glinu, który z węglanem wapnia w myśl równania



wytwarza galaretowaty wodorotlenek glinowy, stwierdzono, że tego rodzaju galaretowate osady rzeczywiście straceniu dopomagają, ale i przy stosowaniu tych środków pomocniczych całkowitego sklarowania wody osiągnąć nie można.

Filtrowanie gra, jak już widzieliśmy, pierwszorzędną rolę przy samooczyszczeniu wody gruntowej i na zebranych tu obserwacyach opierają się usiłowania, zmierzające do sztucznego oczyszczenia wody tą metodą. Najważniejszym faktem z tej dziedziny okazał się fakt następujący: przy przejściu wody przez piasek zatrzymane zostają nietylko zawiesiny widzialne gołym okiem, ale i daleko mniejsze, a także bakterye. Jeżeli uprzytomnimy sobie, że odległości pomiędzy ziarnkami nawet najdrobniejszego piasku wielokrotnie przewyższają rozmiary bakteryi (jak to bardzo dobrze można np. spostrzedz pod mikroskopem), to zachowanie to na pierwszy rzut oka wydaje nam się niezrozumiałem. Powoli przekonano się, że warstwa piaskowa nie odrazu posiada tę zdolność filtrowania drobnutkich ciałek, ale że zdolności tej nabiera dopiero z czasem

i w końcu okazało się, że główną rolę przy filtrowaniu grają tu nie ziarenka piasku, jako takie, ale błona lepka i galaretowata, jaka na nich i dokoła nich się powoli wytwarza i na którą składają się algi, obumarłe kolonie bakteryi i t. p.

Naśladowując przyrodę, i do sztucznego filtrowania wody zdecydowano się przeważnie użyć warstw piaskowych, przy czem z góry już wiadano, na co zasadniczo należy zwrócić uwagę. Temi zasadniczymi punktami są: 1) ażeby filtr miał możność wdrożyć się do pracy, 2) aby ciśnienie było o ile można regularne, tak aby błona śluzowa wytworzona na piasku nie uległa niejednostajnemu naciskowi i w końcu nie rozerwała się i 3) aby materiał filtrowy od czasu do czasu zastępować świeżym. Za dobre filtry w praktyce przyjęto uważać takie, gdy jeden centymetr sześcienny wody po przejściu przez nie na odżywczej płytce żelatynowej po czterdziestoosmiodzinnem przechowywaniu wykaże nie więcej, jak sto kolonji bakteryi.

Pierwszy raz sztuczne filtry zastosowane zostały w Anglii w 1829 r. przez Simpsona. Dzisiejsze techniczne urządzenia o ile dotyczą instalacji większych, składają się z basenów, napełnionych najsamprzód warstwą miążkiego piasku (o średnicy ziaren wynoszącej 0,3 do 0,4 m.), następnie piasku grubszego, a w końcu znowu miążkiego; wysokość tych trzech warstw wynosi razem mniejwięcej półtora metra; woda pompowana bywa z góry i w dole kanałami spływa. Ważnem bardzo jest, na co wyżej już było wskazane, aby ciśnienie wody było jednostajne, co daje się osiągnąć za pomocą przyrządów regulacyjnych. W mniejszych rozmiarach np. dla użytku domowego, skonstruowany został też szereg aparatów filtracyjnych, odpowiadających tym samym zasadom. Czasami — dla zaoszczędzenia miążkiego piasku, który się powoli zapycha i musi być od czasu do czasu odnowiony — okazało się celowem przeprowadzić filtrowanie w dwóch kolejnych basenach, z których pierwszy zapełniony jest piaskiem grubszym i zatrzymuje znaczną część zawieszin większych, a drugi piaskiem miążkim. Czasami wreszcie na filtr pompowana bywa woda, która częściowo uległa już sedymentacyi w obecności siarczanu glinowego: wtedy wodorotlenek glinowy (patrz wyżej) wraz z osadzonym przez niego mułem tworzy oponę, osiadająca w filtrze i wzmacnia swoją obecnością działalność piasku i utworzonej na piasku błony śluzowej; urządzenia takie praktykowane są szczególnie w Ameryce.

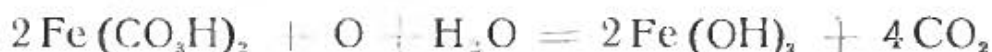
Na miejsce piasku do filtrowania daje się oczywiście zastosować i materiał inny, np. kamienie porowate, węgiel, azbest i t. p.; w większych urządzeniach materiały te naogół się nie przyjęły i nie były w stanie wyrugować piasku. W mniej-

szych aparatach czasami posługujemy się nimi; jako najlepszy typ uważane są t. zw. świece Berkefelda, napełnione krzemionką<sup>1)</sup>).

Usunięcie związków, rozpuszczonych w wodzie, przedstawia naogół bardziej złożone zadanie, aniżeli usunięcie zawiesin. Głównymi punktami, na które tu należy zwrócić uwagę, jest usunięcie barwy, żelaza, twardości i kwasowości.

Odbarwienie wody daje się przeprowadzić za pomocą tego samego środka, który ułatwia i sedymentację, mianowicie za pomocą siarczanu glinu; wodorotlenek glinowy skupia na swojej powierzchni zabarwione, znajdujące się w wodzie związki, osiadając wraz z nimi.

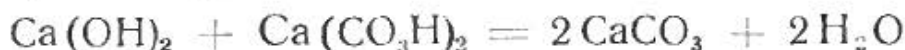
O żelazie wyżej już było powiedziane, że dwuwęglan żelazawy  $\text{Fe}(\text{CO}_3\text{H})_2$ , w zetknięciu z powietrzem, ulega utlenieniu i w myśl równania



wydziela brunatny, nierozpuszczalny w wodzie wodorotlenek żelazowy. Tą przemianą chemiczną posługujemy się dla usunięcia żelaza, wywołując ją sztucznie podczas filtrowania wody; dbamy więc po prostu o to, aby wraz z wodą do aparatu filtracyjnego dostała się dostateczna ilość powietrza; wtedy udaje się całkowicie żelazo z wody usunąć. Rozwiązanie tego zagadnienia techniczno-chemicznego było rzeczą ważną. Wprawdzie żelazo, którego ilość w wodzie gruntowej może dochodzić do 70-u miligramów na litr, nie jest zkładnikiem wprost szkodliwym, jednakowoż obecność jego wywołuje szereg skutków niepożądanych: pominąwszy już, że woda nabiera smaku nieprzyjemnego, że przy stanie mętnieje i ciemnieje, nie nadaje się ona do prania i spowodować może zapchanie rur wodociągowych. Możliwość łatwego usunięcia żelaza przyczyniła się bardzo do rozpowszechnienia wody gruntowej, która pod względem zdrowotnym jest najlepszym gatunkiem wody.

Również nieszkodliwymi dla zdrowia jak żelazo, są znajdujące się w wodzie wapń i magnez, których usunięcie dla celów przemysłowych czasami jest konieczne. Dla usunięcia tego proponowano szereg środków chemicznych; z nich głównie się przyjęły wapno i soda.

Wapno w myśl równania



<sup>1)</sup> Parę tygodni temu dzienniki przyniosły wiadomość o nowem, nadzwyczaj prostem urządzeniu filtracyjnem, obmyślonem przez profesora Zsigmondy'ego w Getyngi i nadającym się do prędkiego domowego czyszczenia wody. Przypuszczam—znając kierunek prac tego uczonego,—że idzie tu o zastosowanie galaretowatych błonek.



osadza z dwuwęglanu nierozpuszczalny w wodzie węglan obojętny, soda w myśl równania



w ten sam sposób działa na siarczan.

Nadmiar wolnego kwasu węglowego jest, jak już poprzednio widzieliśmy, niepożądany przedewszystkiem tam, gdzie woda obficie styka się z ołowiem. Po za tem woda taka działa potrochu i na inne metale, np. na żelazo i wreszcie na beton. Dla usunięcia kwasu węglowego przyjęło się w niektórych instalacjach (np. w Frankfurcie nad Menem) przeciekanie wody przez żwir marmurowy, który w myśl równania



wiąże wolny kwas, przeobrażając się w dwuwęglan wapnia.

Usunięcie bakteryi, znajdujących się w wodzie, w sposób bardzo daleko idący ma miejsce, jak to widzieliśmy przed chwilą, w czasie filtrowania przez piasek. Po za tem rozporządzamy jeszcze całym szeregiem metod i fizycznych i chemicznych, niszczących drobnoustroje. Najprostszą z tych metod jest gotowanie wody, operacya, która z ilościami małemi wprawdzie łatwo daje się wykonać, ale przy większych zbiornikach oczywiście stosować się nie da. Wpływ wyższej temperatury w ostatnich czasach starano się zastąpić działaniem promieni pozałódkowych; rozporządzamy już licznym szeregiem prac naukowych, dotyczących tego przedmiotu, a także aparatami, zbudowanemi w tym celu, naogół jednak sprawa jeszcze nie jest należycie wyświetlona i metody samej za zupełnie w danej chwili odpowiadającą celom praktycznym uważać nie można. Bardzo znaczną jest ilość związków chemicznych, proponowanych dla niszczenia drobnoustrojów w wodzie. W pierwszym rzędzie należy tu wymienić chlorek wapna względnie podchloryn sodowy, które oba wydzielają chlor i znakomicie działają sterylizująco, dalej brom, jod, wodę utlenioną i braunsztyń a wreszcie nadmanganian potasu. Z metali ciężkich przyjęły się gdzieś srebro w postaci fluorku srebra i miedź, której działanie dezynfekcyjne jest bardzo duże. Dla czyszczenia niewielkich ilości wody do picia posługujemy się chętnie alkoholem lub kwasem cytrynowym, jako dodatkami. Do tych wszystkich środków przyłączył się ostatnio środek nowy, który, o ile się zdaje, ma bardzo dużą przyszłość przed sobą: jest to ta modyfikacya tlenu, która nazywamy ozonem i którą pod wpływem wyładowań elektrycznych łatwo i sposobem względnie tanim z tlenu (a więc i z powietrza) mo-



żemy otrzymać; zetknięcie się wody z ozonizowanym powietrzem dezynfekuje ją, jak wykazały badania dotychczasowe, w sposób bardzo dokładny, a technika zdołała już zbudować szereg i urządzeń większych, nadających się i do dezynfekcji całych zbiorników wody i aparatów mniejszych, przenośnych: wydaje się rzeczą pewną, że ozonizowanie wody coraz większe z biegiem czasu znajdzie zastosowanie.

### Ścieki.

Konieczność zajęcia się kwestyą ścieków powstała właściwie w połowie zeszłego wieku w miarę, jak rozwinęły się miasta i coraz większe nastąpiło zgęszczenie ludności, zamieszkałej na małej przestrzeni. Przy zaludnieniu luźnem spływanie pomyj gdziekolwiekby i zebranie odchodów w dołach ustępowych wraz z następnem wywiezieniem ich na pola nie przedstawia bardzo daleko idących niedogodności, przy zaludnieniu bardzo gęstem jest ono i trudniejszym do uskutecznienia i dla zdrowia niebezpiecznym. W miarę jak zaczęto budować coraz więcej wielopiętrowych domów, zwiększyła się ilość spływającej wody brudnej, szczególnie po zaprowadzeniu wodociągów, pozwalających obficie wodą szafować: przy zaprowadzeniu klozetów, przepłukiwanych wodą, z jednej strony nastąpiło rozcieńczenie odchodów, tracących w ten sposób na wartości i nie znajdujących tak chętnie nabywców dla zużycia ich na nawóz, z drugiej strony doły ustępowe coraz prędzej zaczęły ulegać napełnieniu, woda z nich zaczęła się przesączać do rynsztoków, zatruwać i powietrze i te naturalne zbiorniki (rzeki i jeziora), do jakich wypadało zawartość rynsztoków odprowadzać. Stąd powstała konieczność urządzenia zakrytych podziemnych sieci kanałowych, w których by się zbierały ścieki i po złączeniu w jednym ogólnym kanale wlewały do najbliższej rzeki, oczywiście w dół i w nowej odległości od danej osady lub miasta. Systematyczne takie skanalizowanie miast zapoczątkowane zostało najsampród w Anglii, gdzie duże zasługi na tem polu między innymi położył Lindley, którego synowi znów Warszawa zawdzięcza swą kanalizację. Po za Warszawą w Królestwie Polskim tylko Radom jeszcze jest skanalizowany, dla niektórych miast (np. dla Płocka i Łodzi) opracowane są dopiero plany kanalizacyjne, inne i pod tym względem zostały jeszcze w tyle. Usuwanie nieczystości ustępowych odbywa się w nich jeszcze starożytną metodą wywozową, przy której jak dodać można, rozróżniamy system dołowy (zbieranie odchodów w dołach i wypompowywanie ich) i system beczkowy (zbieranie w beczkach i wywożenie beczek).

Tam, gdzie mamy system kanalizacyjny, kanałami odprowadzamy nie tylko nieczystości ustępowe, ale i wszelką inną brudną wodę, a także ścieki fabryczne; co dotyczy wody deszczowej, to w niektórych miastach spływa ona do tego samego kanału, co naturalnie upraszcza cały system kanałowy, niekiedy zaś — szczególnie dotyczy to miast mniejszych — dąży ona do kanału oddzielnego.

Ścieki na końcu swojej wędrówki podmiejskiej dążą do naturalnego, najbliższego zbiornika (najczęściej rzeki), który wskutek tego w mniejszym lub większym stopniu ulega zanieczyszczeniu. Zanieczyszczenie to w rozmaitych kierunkach może być szkodliwym; może wpływać na hodowlę ryb, na stan bydła, które w rzece pomy, może mieć wpływ ujemny higieniczny, jeżeli w sąsiedztwie są łaźienki, jeżeli czerpaną zostaje woda z studzien, położonych niedaleko od brzegu, do których woda z rzeki może się wsączyć i t. d. Na ogół więc pożądanem jest oczyszczenie tych ścieków, zanim się do naturalnego zbiornika dostaną. Ażeby wiedzieć, w jakim kierunku i w jakich rozmiarach oczyszczenia tego trzeba dokonać, należy wiedzieć, co przeciętnie w ściekach się znajduje, jaka w danym miejscu jest ich ilość, jakim jest stosunek ilościowy do wody w rzece i t. p.

### Składowe części ścieków.

Ilość wody ściekowej wynosi, tam gdzie mamy klozety wodociągowe, nie mniej jak 50 litrów dziennie na osobę, często jednak wzrasta ona znacznie ponad tę liczbę. Ścieki zawierają tak jak woda naturalna, z jednej strony zawiesiny, z drugiej strony substancje rozpuszczone. Zanieczyszczenia ich składają się popierwsze z tego, co zawarte jest w pomyjach, z resztek jedzenia, z popiołu, z włosów i t. d., dalej z dodatków okolicznościowych, kawałków papieru, drzewa, kamienia i cegły; ilość tych wszystkich zanieczyszczeń wynosi dziennie przeciętnie 100 gramów na osobę; tłuszczu w tem jest tyle, że na metr sześcienny wody wypada około 170 gr. tłuszczu. Po drugie zanieczyszczenia składają się z odchodów, których sucha część wynosi dziennie mniej więcej 80 gramów, a mianowicie 56 gramów z moczu i 24 gramów z kału (z których mniej więcej piąta część jest w wodzie rozpuszczalna). Razem więc otrzymujemy na dzień i osobę 180 gramów, co przy zużycowaniu pięćdziesięciu litrów wody daje 3,6 gr. na litr.

Ten obraz się zmienia, jeżeli do kanalizacji włączone są ścieki uliczne i fabryczne. W pierwszym wypadku zwiększa się bardzo ilość nierozpuszczalnych w wodzie zawiesin, szcze-

gólnie piasku, w drugim wypadku do kanału mogą wstąpić najrozmaitsze dodatki, mniej lub więcej w wodzie rozpuszczalne, mniej lub więcej zabarwione, mniej lub więcej szkodliwe. W kanale ścieki mogą ulegać zmianom: zawiesiny większe przy uderzaniu o ściany kanału mogą ulegać rozbiciu i pokruszeniu na mniejsze, a nawet na substancje rozpuszczalne w wodzie, ścianki kanału mogą się pokryć mułem, który poczynnie gnić i może samą wodę popchnąć do gnicia. Widzimy z tego, że dokładne zbadanie wody ściekowej jest o wiele trudniejsze, aniżeli zbadanie wody naturalnej i że ważną jest kwestya, w którym miejscu kanałową wodę do analizy czerpiemy.

Ogólny przebieg analizy zbliża się do analizy wody naturalnej. Badamy najsamprzód cechy wody zewnętrzne, jej zapach, barwę, klarowność i reakcję. Badamy następnie jej zawiesiny i to w ten sposób, że staramy się wykryć względną ilość zawiesin rozmaitej wielkości: w tym celu przelewamy wodę kolejno przez sita o zmiennej średnicy oczek (3, 2, 1 mm.) i porównujemy pozostałości na poszczególnych sitach. Po ewentualnem jeszcze przesączeniu przez papier otrzymujemy płyn, który jest mętnym wskutek drobniutek, nie filtrujących się zanieczyszczeń i który — ze względu na późniejsze oczyszczenie odpływów — należy zbadać co do jego zdolności sedymentacyjnej. Najprościej czynimy to, napełniając nim wysokie cylindry, i stwierdzając od czasu do czasu postępy sklarowania wody przy staniu.

W przefiltrowanej wodzie oznaczenie pozostałości przy wyparowaniu i zachowaniu się tej pozostałości przy prażeniu wykonać można tak, jak to wyżej już było podane. To samo dotyczy oznaczenia związków organicznych przez utlenienie nadmanganianem potasu, oznaczenia amoniaku przez nessleryzowanie, azotu organicznego, chlorków, azotynów i azotanów i wreszcie siarkowodoru. Ten ostatni w ściekach w przeciwieństwie do wody naturalnej okazuje się najczęściej produktem gnicia znajdujących się w wodzie substancji organicznych, przyczem siarkowodorowi towarzyszą i inne, nieznanne jeszcze bliżej, nadzwyczaj nie przyjemnie pachnące produkty. O ile badana próba obecności tych ciał nie wykazuje, zazwyczaj wskazaniem jest zbadać jej podatność do gnicia i w tym celu przez dłuższy czas (5 do 10-u dni) przechowujemy ją w zamkniętym naczyniu, w ciemności, przy temperaturze mniejwięcej 22°C i badamy następnie.

Chemiczną analizę wody ściekowej zaleca się uzupełnić jeszcze stwierdzeniem obecności po-pierwsze ciał białkowych a następnie resztek kału. Dla wykrycia ciał białkowych mamy dwie reakcje charakterystyczne: reakcję biuretowa



(czerwono-fioletowe zabarwienie z ługiem, zadany paroma kroplami siarczanu miedziowego) i reakcją Millonowską (tworzenie się żółtawego osadu z roztworem rtęci w kwasie azotowym, i zbrunatnienie tego osadu przy ogrzewaniu). W bardzo dokładny sposób dają się wykryć resztki kału w wodzie: resztki te zawierają związki chemiczne z jądrami indolowymi lub skatolowymi i jako takie dają z dwuazowymi związkami bardzo charakterystyczne zabarwienia; zazwyczaj posługujemy się dwuazosulfanilowym kwasem, powstającym z sulianilowego kwasu i kwasu azotowego i dającego z wodą, w której są choćby ślady kału lub moczu, mocne żółte zabarwienie.

Do chemicznego badania ścieków tak jak i w wypadku wody naturalnej przyłącza się oczywiście i badanie bakteriologiczne.

### Oczyszczanie ścieków.

Czy oczyszczanie zawartości kanału ściekowego przed waniem się do rzeki, jest koniecznym, czy nie, to zależy od warunków miejscowych: jeżeli rzeka jest bardzo szeroka, ilość więc wody ściekowej znikoma wobec zbiornika, do którego się wlewa, dalej jeżeli w najbliższym sąsiedztwie nie ma osad, któreby wodę rzeczną czerpały, to specjalne oczyszczanie ścieków nie jest koniecznym potrzebne: samooczyszczanie się wody rzecznej po krótkim czasie niszczy te wszystkie niepożądane nabytki, jakie się do niej dostały. Jeżeli jednak rzeka jest wąska i płytka, a zaludnienie brzegów gęste i t. p., to ścieki należy uprzednio oczyścić, przyczem naturalnie dokładność oczyszczenia może być mniej lub więcej daleko idąca. Posiadamy dzisiaj już cały szereg sposobów oczyszczania wody ściekowej, które dowoli można stosować zależnie od warunków miejscowych.

Oczyszczenie najprostsze, które ma miejsce w samych kanałach, polega na usuwaniu większych zawiesin za pomocą kratki lub siatki. Kratki najlepiej umieszczać jak najbliżej miasta, a więc po przebyciu przez ścieki jak najkrótszej drogi, ażeby uniknąć rozdrobnienia większych zawiesin. Po za tem oczywiście nieraz może się okazać celowym zbudowanie specjalnych urządzeń do odsączania.

**Sedymentacja.** Tak jak wodę naturalną i wodę odpływową dla oczyszczenia możemy poddać sedymentacji (np. przez stanie w odpowiednio zbudowanych basenach). Ta tylko między temi dwoma gatunkami wody zachodzi różnica, że przy wodzie ściekowej tworzą się nie dwie lecz trzy warstwy: na dole muł, zawierający cząstki cięższe, przedewszyst-

kiem piasek, na górze warstwa, składająca się z substancji lekkich, przede wszystkim tłuszczowych, a pośrodku klarowna woda. Nad szczegółami technicznymi budowy tych basenów i odprowadzaniu z nich wody oczywiście zastanawiać się tu nie będziemy. Zauważyć tylko należy: 1) że w basenach tych odbywa się też daleko idąca dezynfekcja, ponieważ większa część bakterji opada z mułem na dno; o ile odpływy wymagają w wyjątkowych okolicznościach, np. w czasie epidemii specjalnej dezynfekcji, to uskuteczniamy ją też tutaj, dodając najchętniej chlorku wapna; 2) po drugie zauważyć należy, że stan trzech warstw, tak jakieśmy to określili, utrzymuje się tylko przez krótki czas; o ile woda w basenie sedymentacyjnym przez dłuższy czas pozostawiona jest sama sobie, zaczynają się w niej, dzięki znacznym ilościom ciał organicznych procesy gnilne i fermentacyjne.

**Gnicie.** Te zmiany stanowią dalszą metodę, za pomocą której woda odpływowa daje się oczyścić. Gnicie i fermentacja pod wpływem oczywiście drobnoustrojów zaczynają się w mułe, prowadzą do wydzielenia azotu organicznego w formie amoniaku i w formie azotu gazowego, siarki w formie siarkowodoru, a z węgla w znacznej ilości wytwarzają dwutlenek węgla. Celuloza jednocześnie rozpada się, wydzielając w niemałej ilości metan  $\text{CH}_4$ , który również jest gazem.

Ta produkcja gazów miesza ze sobą trzy warstwy, górna warstwa się zwiększa, przemieniając w masę, przypominającą po wysuszeniu z wyglądu ciemną glebę, warstwa mułu się zmniejsza, a sama woda ulega dalszemu oczyszczeniu, aniżeli przy samej tylko sedymentacji; traci ona większość (60 do 70%) rozpuszczonych w niej, szczególnie koloidalnie rozpuszczonych związków, staje się więc czystsza, aczkolwiek z drugiej strony obciążona zostaje siarkowodorem. Patologiczne bakterje po największej części giną, tak, że gnicie wody uważać można jako dalej idące oczyszczenie aniżeli samą sedymentację.

**Działanie dodatków chemicznych.** Bardzo pomocnym przy usuwaniu zanieczyszczeń ze ścieków okazuje się dodanie niektórych związków chemicznych np. wapna, siarczanu żelaza, alunu, które dużą część nieczystości strącają. Nie działają one jednak na te substancje organiczne, które powodują gnicie. Dla usunięcia tych związków bardzo dobre otrzymano rezultaty, stosując węgiel w formie proszku albo w formie niewielkich kawałków: przypuszczalnie mamy tu do czynienia z absorpcyjnym działaniem powierzchniowym.

**Metody biologiczne.** Najważniejszym sposobem oczyszczenia ścieków okazały się metody t. zw. biologiczne. Polegają one na tem, że w zetknięciu z warstwą or-

ganizmów, rosnących na materiale o dużej powierzchni, tak jak piasek i koks i przy dostatecznym dostępie powietrza zanieczyszczenia zawarte w wodzie w prędkim bardzo czasie i bardzo gruntownie zostają zniszczone, ulegając utlenieniu. Całkowitego mechanizmu tych przemian ze wszystkimi ich szczegółami jeszcze nie mamy, nie ulega jednak wątpliwości, że adsorbcja jako początkowa ich faza gra tu główną rolę. Wykonanie bywa rozmaite: albo baseny mniej lub więcej obszerne napełniamy odpowiednim materiałem, napuszczamy wody brudnej, dbając o to, aby powietrze miało dostęp, pozostawiamy jakiś czas w zatknięciu i wodę dołem wypuszczamy, albo też rozpryskujemy ją po powierzchni takiego basenu i dajemy stałe i powoli spływać. Na tej samej zasadzie biologicznej opierają się i pola irygacyjne, gdzie procesy życiowe roślin wyższych destrukcyjnie działają na zanieczyszczenia odpływów.

Zarówno urządzenia, służące do sedymentacji, jak i urządzenia do gnicia i wreszcie do biologicznego czyszczenia wód ściekowych, dają się budować i w mniejszych rozmiarach w zastosowaniu do domów pojedynczych.

Stroną ważną czyszczenia ścieków jest fakt, że otrzymane przytem odpadki dają się dalej zużytkować; dotyczy to zarówno warstwy tłuszczowej, jak i mułu, otrzymanego przy gniciu lub przy strącaniu chemicznem. Muł ten zawiera znaczną ilość substancji organicznych, po osuszeniu jest on więc palny, z drugiej strony zawiera on cały szereg soli i substancji azotowych, podatnych na pokarm dla roślin, może więc służyć jako środek nawozowy. Nie ulega wątpliwości, że zużytkowanie tych odpadków coraz dokładniej będzie badane i że specjalnie lata wojny, które obecnie przeżywamy, i w których starać się musimy o jak najdokładniejsze wyzyskanie wszelkich odpadków, niejedną na tem polu spowodują postęp.

