

Maria Pawlaczyk-Szpilowa

Jakość zdrowotna wody przeznaczonej do picia

Działalność gospodarcza człowieka w ostatnich dziesiątkach lat doprowadziła do nadmiernego zanieczyszczenia środowiska naturalnego, w tym również środowiska wodnego. Stało się to przyczyną destrukcji i wyniszczenia biocenoz wodnych, obniżenia ich zdolności do samooczyszczania, nadmiernego wzrostu produktywności i eutrofizacji, a w rezultacie – przyczyną zagrożenia zdrowia ludności. Woda do picia powinna być bowiem pozbawiona czynników chorobotwórczych.

Ponieważ deficyt dobrych jakościowo wód w Polsce jest bardzo wyraźny, ujmowane są często na cele wodociągowe również zanieczyszczone wody powierzchniowe. Z tego powodu powstają dalsze poważne trudności przy ich uzdatnianiu. Woda ujmowana na cele wodociągowe powinna odpowiadać najwyższym standardom w zakresie czystości, zaś stosowana technologia uzdatniania powinna skutecznie poprawić jej walory organoleptyczne i zdrowotne. Kontrola jakości wody powinna w pełni zabezpieczyć zdrowie odbiorców, w oparciu o system norm i przepisów prawnych. Niestety, ze względu na wspomniane zanieczyszczenie, powstał wyraźnie odczuwalny brak wód nadających się do ujęcia i przygotowania zdrowej wody.

Wobec deficytu dobrych pod względem jakościowym wód głębinowych, coraz częściej są pomimo wszystko ujmowane wody powierzchniowe, których nadmierne zanieczyszczenie jest powszechnie znane. Źródłem zanieczyszczeń tych wód są ścieki bytowo-gospodarcze i przemysłowe, spływy wód opadowych ze zlewni, zanieczyszczenia pyłowe i gazowe z powietrza atmosferycznego, a w przypadku wód zeutrofizowanych – także zanieczyszczenia wtórne po obumarłych zakwitach glonów. Zagrożenie dla zdrowia wynika z występowania w tych wodach ogromnych ilości wirusów i bakterii oraz różnego rodzaju związków chemicznych.

Zanieczyszczenia biologiczne wód

Wirusy i bakterie chorobotwórcze wnoszone są do wód powierzchniowych wraz ze ściekami bytowo-gospodarczymi oraz wodami opadowymi. Wirusy jako zarazki wewnątrzkomórkowe oraz patogenne bakterie nie mogą się w wodzie rozmnażać, mogą jedynie czas jakiś – poza ustrojem chorego – przeżyć. Ten okres umożliwia szerzenie się chorób infekcyjnych poprzez wodę. Zakażenie zdrowego człowieka poprzez wodę lub pożywienie wymaga wprowadzenia pewnej liczby wirusów, określanej mianem minimalnej dawki zakaźnej. Dla wirusa *Polio* wynosi ona od 10 [1] do 72 [2] cząstek. W wodach powierzchniowych i ściekach li-

czebność wirusów jest różna i zależy przede wszystkim od liczby zachorowań na danym terenie i od stopnia oczyszczenia ścieków bytowo-gospodarczych przed wprowadzeniem do odbiornika (tab.1). Biologiczne oczyszczanie ścieków wyraźnie obniża liczbę wirusów, które adsorbują się na powierzchni osadu czynnego.

Woda przeznaczona do picia powinna być całkowicie pozbawiona wirusów. Jeżeli jednak zakłady wodociągowe pobierają wodę powierzchniową, a ich system uzdatniania nie jest doskonały, to może się zdarzyć, iż woda do picia zawiera pewne ich ilości (tab.1). Niestety badania wirusologiczne są jeszcze prowadzone fragmentarycznie i dlatego nie można ocenić dokładnej roli wirusów występujących w wodzie w powstawaniu epidemii. Na podstawie badań epidemiologicznych przeprowadzonych w USA w latach 1975+1979 stwierdzono, że udział wirusów występujących w wodzie do picia jest w masowych zachorowaniach stosunkowo niewielki, przy czym były to głównie wirusy żółtaczki zakaźnej (tab.2) [18].

Również bakterie chorobotwórcze, które pochodzą z wydaliny ludzi chorych mogą – podobnie jak wirusy – przeżyć jakiś czas w środowisku wodnym. Najczęściej są to bakterie wywołujące choroby przewodu pokarmowego. Przyczyną zakażeń są pałeczki z rodziny *Enterobacteriaceae*, które posiadają duże znaczenie

Tabela 1. Wirusy wyizolowane ze ścieków i wód

Liczba cząstek wirusa w 1 dm ³	Typ wirusa	Poz. lit.
Surowe ścieki bytowo-gospodarcze		
10+350 PFU	Enterovirusy	[3]
36 + 4.600 MPNCU	Enterovirusy	[4]
12 + 74 PFU	<i>Coxsackie B</i>	[5]
120 + 9.140 PFU	<i>Polio, Coxsackie B</i>	[6]
100 + 1.000 PFU	<i>Polio, Coxsackie B i ECHO</i>	[7]
Ścieki biologicznie oczyszczone		
0 + 30 PFU	Enterovirusy	[8]
0 + 96 MPNCU	Enterovirusy	[4]
0 + 180 PFU	<i>Polio, Coxsackie B</i>	[6]
2 + 353 PFU	<i>Polio, Coxsackie B</i>	[9]
Woda rzeczna		
0 + 283 PFU	Enterovirusy	[10]
18 + 55 MPNCU	Enterovirusy	[11]
0,15 + 4,5 MPNCU	<i>Polio, Coxsackie A</i> <i>Polio, Coxsackie B i ECHO</i>	[12]
Woda wodociągowa		
—	<i>Polio, Coxsackie B i ECHO</i>	[13]
—	<i>Polio</i>	[14]
—	<i>Polio</i>	[15]
—	<i>Polio</i>	[16]
—	<i>Polio, Coxsackie A i B, ECHO</i>	[17]

PFU – jednostka zakaźna

MPNCU – najbardziej prawdopodobna liczba jednostek zakaźnych

Tabela 2. Epidemie wirusowe na skutek spożycia wody w USA w latach 1975+ 1979 [19]

Ogólna liczba epidemii	Potwierdzona etiologia	Etiologia wirusowa
170 epidemii	39 %	4,7 %
41.083 przypadki zachorowań	54 %	3,2 %

epidemiologiczne. Na szczególną uwagę zasługują pałeczki z rodzaju *Shigella*, które są przyczyną czerwonki bakteryjnej, *Salmonella typhosa* – wywołująca dur brzuszny, a także *Salmonella paratyphi*, *S. schottmuelleri* i *S. hirschfeldii* – zarazki durów rzekomych A, B i C. Również niektóre inne bakterie z tej rodziny i należące do prawidłowej mikroflory przewodu pokarmowego człowieka i zwierząt wyższych, mogą się w pewnych warunkach stać przyczyną zakażenia. I tak na przykład *Escherichia coli* jest czynnikiem zakaźnym w biegunkach u niemowląt lub zapaleniu dróg moczowych. *Proteus vulgaris* jest również przyczyną biegunek u niemowląt, zapalenia dróg żółciowych i dróg moczowych. Poza tym, w wodzie może pojawić się bakteria *Leptospira ictero-haemorrhagiae* wywołująca chorobę Weila, przebiegającą z charakterystycznym żółtaczkowym zabarwieniem skóry i gałek ocznych i atakująca głównie wątrobę. Droga poprzez wodę szerzy się również cholera wywoływana przez bakterię *Vibrio comma*. Cholera przebiega najczęściej w postaci epidemii i występuje głównie w krajach Dalekiego Wschodu, ale przenosi się także do okolicznych krajów, a niekiedy i do bardziej odległych rejonów świata. I tak na przykład w 1976 r. cholera dotarła z południowo-zachodniej Azji między innymi do południowej Europy i z niektórych obszarów wycofała się dopiero w 1982 r.

W związku z obecnością form chorobotwórczych w wodzie oraz zagrożeniem epidemiologicznym, w procesie uzdatniania wody do picia przestrzegany jest bardzo rygorystycznie etap dezynfekcji wody oraz jej stałej kontroli bakteriologicznej.

Zanieczyszczenia chemiczne wód

Zanieczyszczenia chemiczne wód powierzchniowych są najgroźniejszą przyczyną destrukcji ekosystemów i postępującego likwidowania zasobów wody o dobrych cechach użytkowych. Udział w tym ma przede wszystkim przemysł, który wprowadza do środowiska wodnego najwięcej zanieczyszczeń chemicznych. Wiele z nich posiada działanie toksyczne. Korzyści gospodarcze z tej działalności są na ogół dobrze znane, lecz ryzyko zdrowotne jest niewiadome i często pomijane. Jest sprawą oczywistą, że związki te już po krótkim czasie znajdują się w wodzie ujmowanej i konsekwentnie, także w wodzie przeznaczonej do picia. Za pomocą nowoczesnych technik analitycznych wykrywa się w niej kilkaset różnych mikrozanieczyszczeń, z czego większość to związki organiczne. Znaczna ich część ma działanie mutagenne oraz toksyczne, w tym neurotoksyczne [19]. Ze względu na pochodzenie związków organicznych w wodach powierzchniowych można je podzielić na trzy grupy:

- substancje pochodzenia naturalnego (kwasy humusowe i fulwowe, ligniny, celuloza),
- zanieczyszczenia wprowadzane wraz ze ściekami (białka, węglowodany, tłuszcze, węglowodory alifatyczne, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, chlorowane węglowodory takie jak trichloroetylen, tetrachloroetylen, tetrachlorek węgla, chlorek metylenu i inne, pestycydy, pochodne ropy naftowej),

– związki chemiczne syntetyzowane *in situ*: nitrozoaminy i alfatoksyny (silne kancerogeny) oraz produkty mikrobiologicznej i fotochemicznej transformacji związków organicznych.

Wykrywanie i identyfikowanie pojedynczych związków organicznych prowadzi się obecnie w oparciu o nowoczesne techniki analityczne, takie jak chromatografia gazowa i cieczowa, spektrometria masowa i inne, które informują o obecności indywidualnych związków nawet wówczas, gdy występują one w bardzo niskich stężeniach. Taka analiza umożliwi poznanie składu chemicznego wody, lecz tylko w niewielkim stopniu pozwala na ocenę biologicznego działania tych składników. Dlatego coraz częściej metody analityczne uzupełniane są badaniami bioindykacyjnymi. Obejmują one obszerną grupę metod pozwalających na poznanie bezpośredniego, toksycznego, mutagennego, rakotwórczego lub teratogennego działania na objekty żywe. Stosuje się w nich różne organizmy testowe: bakterie, glony, pierwotniaki i zwierzęta wyższe, a zwłaszcza ssaki. Coraz częściej stosuje się też do tego celu komórki hodowane w warunkach *in vitro*. Stosowane są zarówno linie komórek zwierzęcych jak i ludzkich.

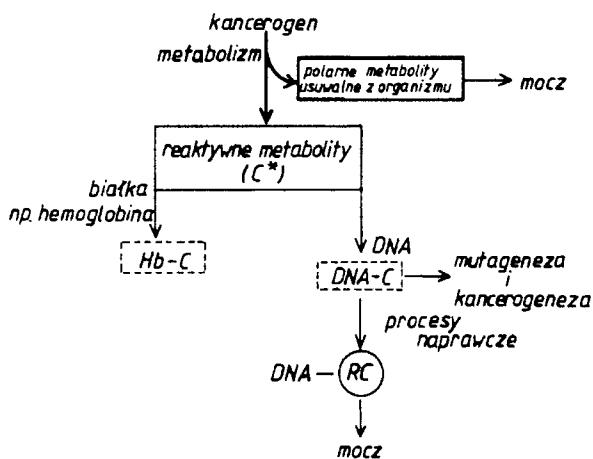
Dla poznania biologicznej aktywności jednego związku lub też koncentratu stosuje się równoległe kilka testów tworzących tzw. baterię testów. Największe znaczenie dla praktyki i oceny stopnia narażenia zdrowia ludzi mają testy skrajne, np. dla wykrycia obecności mutagenów – test Ames [20] na szczepach bakterii *Salmonella typhimurium* oraz test na zwierzętach wyższych narażonych przez określony czas na wchłanianie badanego mutagenu lub kancerogenu, a następnie – podczas sekcji – stwierdzenie zmian nowotworowych. Ze zrozumiałych względów nie prowadzi się żadnych tego typu eksperymentów na ludziach. Wykorzystuje się jednak badania epidemiologiczne do ogólnej oceny skutków narażenia ludności na działanie zanieczyszczeń szkodliwych dla zdrowia. Polegają one na analizie statystycznej zachorowań i zgonów, np. na choroby nowotworowe oraz progresji zachorowań w dłuższym przedziale czasu. Badania bioindykacyjne i analityczne umożliwiają wykrycie niebezpiecznego związku chemicznego, pozwalają przewidzieć skutki wynikające z narażenia ludzi na jego działanie i wykorzystać wyniki w praktyce do ochrony środowiska i zdrowia oraz podjąć działania profilaktyczne.

Działanie zanieczyszczeń chemicznych na organizm człowieka

Związki chemiczne zawarte w wodzie do picia i wprowadzane do ustroju mogą być bezpośrednio wchłaniane do krwi lub, co się częściej zdarza, podlegać przemianom metabolicznym, przy czym dopiero ich produkty wykazują działanie biologiczne. Liczne związki organiczne, w tym substancje toksyczne lub genotoksyczne, podlegając przemianom wewnątrzustrojowym zmieniają pewne swe dotychczasowe cechy. I tak na przykład przemiany metaboliczne wielu substancji obcych mogą prowadzić do powstania metabolitów, które w dalszych reakcjach sprzęgania ze związkami endogennymi, np. kwasem glukuronowym lub glutationem, dają produkty łatwo wydalane z moczem. Reakcje te uważa się za procesy detoksykacyjne. Przemiany metaboliczne mogą także prowadzić do powstania produktów bardziej reaktywnych i szkodliwych niż związków wyjściowych.

Dla przykładu w procesie biotransformacji WWA bierze udział mikrosomalny układ monoooksygenaz z udziałem cytochromu P-450 katalizujący reakcje, w wyniku których nieczyste chemicznie węglowodory zostają przekształcone do reaktywnych związków elektrofilowych, zdolnych do tworzenia kowalencyjnych wiązań z DNA i do zainicjowania tym sa-

mym mutacji. W koncepcji przemian związków kancerogennych [21] stwierdzono, że związki te są cząsteczkami elektrofilnymi, a ich biologiczne działanie polega na reakcji z komórkowymi makromolekułami, zwłaszcza DNA. Metabolizm genotoksycznego kancerogenu przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Metabolizm kancerogenu tworzącego kompleks z DNA i białkami

Jak widać, przemiany metaboliczne są w stanie zmienić początkowy stan zagrożenia zdrowia wynikający z wchłaniania określonych związków toksycznych i genotoksycznych. W rezultacie tych zmian działanie to może być zarówno obniżone, jak też wyraźnie zaostrome. Na podkreślenie zasługuje też fakt, że ten sam związek chemiczny, w zależności od różnych uwarunkowań, może spowodować różne skutki zdrowotne. Na przykład benzo(a)piren, który jest reprezentatywny dla całej grupy WWA, działa zarówno toksycznie, jak i mutagennie, rakotwórczo, a nawet teratogennie. Obserwowane skutki jakie powstają w organizmie pod wpływem takiego działania są bardzo różne. Można je podzielić na skutki ogólne oraz genetyczne. Wśród pierwszej grupy następuje między innymi:

- uszkodzenie struktur subkomórkowych: membrany cytoplazmatycznej, retikulum endoplazmatycznego (najczęściej w komórkach wątroby), mitochondriów itp.,
- inhibicja enzymów i zakłócenie procesów metabolicznych, co prowadzi do stopniowej degeneracji komórek, tkanek lub narządów (najbardziej narażone są wątroba i nerki),
- uszkodzenia komórek plazmatycznych i systemu immunologicznego, a w ślad za tym obniżenie obronności organizmu,
- uszkodzenie erytrocytów,
- działanie neurotoksyczne.

Te uszkodzenia przebiegają na ogół przewlekłe, bywają jednak rozległe i prowadzą do poważnych następstw. Może bowiem wystąpić selektywna destrukcja narządów, np. martwica nadnerczy, martwica wątroby, uszkodzenie układu krwionośnego i limfatycznego, układu krwiotwórczego, oddechowego, wydalniczego itp. [22]. W obrębie skutków genetycznych wyróżnia się:

- penetracje do jądra komórki somatycznej i uszkodzenie struktury DNA, w wyniku czego powstaje mutacja,
- inicjowanie i promowanie procesu transformacji nowotworowej, w wyniku której powstaje komórka rakowa,
- uszkodzenie DNA w komórkach płciowych, aberracje chromosomowe itp.

Skutki genetyczne z narażenia dorosłego osobnika przenoszą się na następne pokolenia. Należy podkreślić, że niektórych skutków genetycznych nie da się jeszcze dziś przewidzieć, gdyż mogą się one ujawnić dopiero w przyszłości. Dlatego tak ważny jest problem ryzyka zdrowotnego wynikający z narażenia populacji na działanie czynników genotoksycznych. Również niektóre występujące w wodzie zanieczyszczenia mineralne posiadają udokumentowany szkodliwy wpływ na zdrowie. Są to przede wszystkim metale ciężkie oraz azotyny i azotany. Negatywne działanie metali ciężkich wynika przede wszystkim z faktu, że są one pierwiastkami obcymi, a tylko nieliczne z nich (np. żelazo, miedź, cynk, selen) są w ilościach śladowych niezbędne dla prawidłowych funkcji życiowych komórek. Szkodliwość metali ciężkich polega na:

- kumulowaniu się w tkankach,
- działaniu cytotoksycznym,
- działaniu genotoksycznym (As, Be, Cr(VI), Ni, Cd),
- przenikaniu przez łożysko (Hg, Pb),
- działaniu rakotwórczym (As, Be, Cr(VI), Ni i Cd – druga grupa),
- działaniu na centralny układ nerwowy (Pb).

Długotrwałe narażenie dzieci na wchłanianie ołowiu powoduje upośledzony rozwój neuropsychologiczny. Z kolei azotyny i azotany są prekursorami rakotwórczych nitrozoamin, a ponadto po wchłonięciu do ustroju i krwi azotyny wiążą się z hemoglobina na trwały kompleks – methemoglobinę, który nie bierze udziału w transporcie tlenu w organizmie.

W sumie wiele związków organicznych i nieorganicznych występujących w wodzie posiada charakter toksyczny, mutageny, rakotwórczy lub teratogeny. Wiele z nich znajduje się na liście kancerogenów przyjętych przez Światową Organizację Zdrowia oraz Międzynarodową Agencję ds. Raka, i już samo ich wykrycie w wodzie do picia jest wystarczającym dowodem jej niewłaściwej jakości zdrowotnej. Ale znacznie bardziej groźne jest to, że oprócz nich mogą występować inne niezidentyfikowane związki, np. chloroorganiczne połączenia o takim samym działaniu. Większość z nich nie jest poszukiwana w wodach, ponieważ nie są one objęte odpowiednimi normami.

Istnieje więc bardzo wyraźna potrzeba wprowadzenia do kontroli jakości wody testu krótkoterminowego Ames, który sumarycznie ujmuje działanie wszystkich mutagenów, a także biotestów wykrywających obecność trucizn.

Usuwanie składników szkodliwych dla zdrowia podczas uzdatniania wody

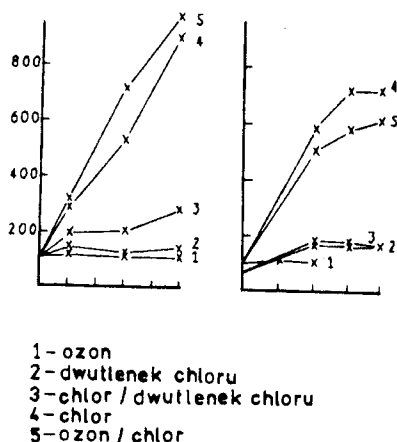
Podczas koagulacji i filtracji usuwane są liczne zanieczyszczenia biologiczne i chemiczne, w tym wirusy, bakterie i glony oraz WWA, PCB, niektóre pestycydy i sole metali ciężkich. Procesy te są w stanie usunąć większość tych zanieczyszczeń, nie eliminując ich wszakże całkowicie. Skutecznym sposobem usuwania lotnych związków organicznych jest proces napowietrzania, w którym obniża się bardzo wyraźnie zawartość takich mutagenów jak trihalometany, benzen, trichloroetylen i inne. Wspomaganie tych procesów sorpcją na granulowanym węglu aktywnym jest doskonałym sposobem eliminacji zanieczyszczeń organicznych nawet wówczas, gdy występują one w małych stężeniach. Filtry węglowe przewyższają swą skutecznością inne sposoby oczyszczania, chociaż muszą z nimi zawsze współpracować.

Na końcu ciągu technologicznego stosowana jest dezynfekcja jako sposób likwidacji wirusów i bakterii oraz ostatecznego przygotowania wody do picia. Dezynfekcja przeprowadzana jest w oparciu o ozonowanie i chlorowanie wody, bądź tylko chlorowanie. Skutkiem niezamierzonym tego etapu uzdatniania wody jest niestety generowanie produktów o wysokiej szkodliwości dla zdrowia. W stosunku do ozonowania nie można sformułować jednolitego poglądu na ten temat, ponieważ w niektórych przypadkach notowano zarówno brak zmian po ozonowaniu w stosunku do wody przed ozonowaniem, jak też i wzrost, a także spadek mutagenności. Wydaje się, że w zależności od składu chemicznego wody ozonowanie może mieć różne skutki, i zarówno może dezaktywować jak i wytwarzać pewne prekursory, które po chlorowaniu nabywają cech mutagenności.

Niestety chlorowanie wody jest procesem, który zdecydowanie pogarsza jakość zdrowotną wody. Reakcje chloru z różnymi organicznymi związkami, które w wodzie pozostały, dostarczają wiele mutagenów i kancerogenów. Nie wszystkie są znane i zidentyfikowane, ale najczęściej wymienia się trichlorometan, chloroform, chlorowane acetonitryle, chlorofenole, chloropikrynę, chlorowane węglowodory aromatyczne i inne [23]. Ostatnio został zidentyfikowany jeszcze jeden silny mutagen, a mianowicie 3-chloro-4-(dichlorometylo)-5-hydroksy-2(5H)-furanon oznaczony skrótem MX [24].

Stężenia chloroorganicznych produktów powstających w ostatnim etapie uzdatniania wody zależą od stężeń ich organicznych prekursorów, dawki chloru, czasu kontaktu, temperatury wody i pH [23]. Skutki ozonowania i chlorowania w aspekcie wzrostu stężenia mutagenów w wodzie ilustruje rysunek 2. Na tle tego zagadnienia trzeba podkreślić, że wstępne chlorowanie lub niszczenie zakwitów glonów przy pomocy chloru jest zabiegiem wysoce szkodliwym i jako takie powinno być zaniechane.

O tym, czy woda po uzdatnieniu nadaje się do picia decyduje systematycznie prowadzona kontrola oparta o system przepisów prawnych regulujących dopuszczalne granice stężeń związków chemicznych oraz wskaźników bakteriologicznych. Zestaw tych wymagań jest niewystarczający, ponieważ kontrola zawartości związków toksycznych i genotoksycznych jest fragmentaryczna. Pewne tego typu związki są w wodzie do picia obecne lecz nie podlegają kontroli. Dlatego też normy powinny być uzupełnione o testy biotoksykologiczne oraz krótkoterminowy test Amesa. Są już opracowane także inne alternatywne testy bioindykacyjne, wykonanie których jest uproszczone i które prawdopodobnie zastąpią test Amesa, zwłaszcza przy wprowadzeniu norm mię-



Rys.2. Zmiany mutagenności wody pod wpływem różnych dezynfektantów, oznaczone metodą Ames (szczep *Salmonella typhimurium* TA-100; z lewej z frakcją S-9, z prawej – bez tej frakcji)

dzynarodowych do oceny zawartości związków genotoksycznych w wodzie. Powinny być również rozszerzone badania analityczne. Pierwszeństwo w powstawaniu norm powinny mieć te składniki wody do picia, które:

- stale lub często występują w wodzie uzdatnionej,
- są szkodliwe dla zdrowia (związki toksyczne, mutagenne, kancerogenne i teratogenne),
- występują w wodzie do picia zaopatrującej duże aglomeracje miejsko-przemysłowe i narażają zdrowie dużej populacji.

Podsumowanie

Wody powierzchniowe zawierają liczne zanieczyszczenia biologiczne i chemiczne. Wiele spośród nich ma udokumentowany, szkodliwy wpływ na zdrowie. Są one bowiem przyczyną powstawania uszkodzeń zarówno na poziomie molekularnym jak i komórkowym, tkankowym i narządowym. W ich wyniku zakłóceniu ulegają też podstawowe funkcje fizjologiczne organizmu oraz homeostaza wewnątrzustrojowa. W wielu przypadkach zmiany degeneracyjne są nieodwracalne. Ponieważ te głębokie uszkodzenia powstają w wyniku długotrwałego przyjmowania nawet niskich dawek związków chemicznych, dlatego też w wodzie do picia nie powinny znajdować się czynniki toksyczne ani genotoksyczne.

Podczas gdy wirusy i bakterie chorobotwórcze są na ogół skutecznie z wody eliminowane, to zanieczyszczenia chemiczne, a zwłaszcza związki organiczne, stanowią w dalszym ciągu poważny problem zdrowotny. O poprawie tego stanu może zadecydować prawidłowa ochrona zasobów stanowiących źródła wody ujmowanej na cele wodociągowe, modernizacja metod uzdatniania wody oraz unowocześnienie systemu kontroli jakości wody do picia.

LITERATURA

1. M. KATZ, S. A. PLOTKIN: Animal infective dose of attenuated poliovirus for man. *Am.J.Public Health*, 1967, 57, pp. 1837-1840.
2. T.E.MINOR et al.: Human infective dose determinations for oral poliovirus type 1 vaccine in infants. *J.Clin.Microbiol.*, 1981, 13, pp. 388-389.
3. J.C.BLOCK et al.: Elimination des enterovirus au cours du traitement par boues actives des eaux usees urbaines. *Tech.Sci.Munic.* 1979, 74, pp. 201-206
4. L. SCHWARTZBROD, F.LECENA, C.FINANCE: Etude quantitative de la pollution virale dans l'affluent et l'effluent d'une station d'epuration d'eaux residuaires. *J.Fr.Hydrol.*, 1979, 10, pp. 7-20.
5. T. HEJKAL et al.: Viruses in a community water supply associated with an outbreak of gastroenteritis and infectious hepatitis. *Journal AWWA*, 1982, 74, pp. 318-321.
6. J. S. SLADE: Virus removal by a modern sewage treatment works. In "Viruses and Disinfection of Water and Wastewater". M.Butler et al. [Eds.], University of Surrey Press, Surrey U.K. 1982.
7. V. KRIKELIS, N. SPIRON, C. SERIE: Detection of indigenous viruses in raw sewage effluents of the city of Athens, Greece, during a two year survey. *Proc.Conf., IAWPRC, Amsterdam* 1984.
8. P. PAYMENT, Y. LAROSE, M.TRUDEL: Poliovirus and other enteroviruses in urban sewage from Laval (Canada): Presence of nonvaccinal strains of poliovirus. *Can.J.Microbiol.*, 1979, 25, pp. 1305-1309.
9. R. S. SIMMONDS, M. W. LOUTIT, F. J. AUSTIN: Enteric viruses in New Zealand wastewaters. *N.Z.J.Sci.*, 1983, 26, pp. 437-441.

10. J.C.BLOCK, J.C.JORET, M.MORLOT, J.M.FOLIGNET: Recherche des enterovirus dans les eaux superficielles par adsorption elution sur microfibre de verre. *Tech.Sci.Munic.*, 1978, 73, pp. 181-185.
11. F. LUCENA et.al.: Viral pollution determination of superficial waters from the urban area of Barcelona (Spain). *Water Res.*, 1982, 16, pp. 173-177.
12. J. M.Le BRIO et.al.: Recherche des virus et des Salmonelles dans la Loire par une methode d'adsorption - elution sur filtres microfibre de verre. *Tech.Sci.Munic.*, 1983, 6, pp. 303-306.
13. L. COIN et.al.: Modern microbiological and virological aspects of water pollution. In "Advances in Water Pollution Research". Pergamon Press, Oxford 1965.
14. S. G. DROZDOW, V.A.KASANTSEVA: Detection of viruses in sewage, surface and tap waters: Effectiveness of treatment in removal of viruses. *Proc. Fourth International Congress of Virology*, Hague 1978.
15. I. NESTOR et.al.: Investigations on the presence of enteroviruses in drinking water. *Rev.Roum.Med.Virol.*, 1978, 29, pp. 203-207.
16. P. PAYMENT: Isolation of viruses from drinking water at the Pont-Viau water treatment plant. *Can.J.Microbiol.*, 1981, 27, pp. 417-420.
17. B. FESTY: In "Survey of Virus Isolation Data from Environmental Samples". Health Effects Research Laboratory US EPA, Cincinnati 1984.
18. D.O.CLIVER: Significans of water and the environment in the transmission of virus in disease. In "Enteric viruses in water". Monographs in Virology, 1984, No. 15, pp. 30-42.
19. W. M.LEWIS: World Health Organization, Guadelines on Organic Micropollutants, 1985.
20. B.N.AMES, J.McCANN, E.YAMASAKI: Methods for detecting carcinogens and mutagens with the Salmonella/mammalian - microsome mutagenicity test. *Mutation Res.*, 1975, 41, pp. 347-369.
21. J.A.MILLER: Carcinogenesis by chemicals - an overview (G.H.A.Cloves Memorial Lecture), *Cancer Res.*, 1970, 30, pp. 559-576.
22. L.W.CONDIE: Target organ toxicology of halocarbons commonly found contaminating drinking water. *The Science of the Total Environment*, 1985, 47, pp. 433-442.
23. J. M. SYMONS et.al.: Treatment Techniques for Controlling Trihalomethanes in Drinking Water. US EPA, Cincinnati 1981, pp. 289.
24. J. NAWROCKI: Struktura i właściwości związku mutagennego MX zidentyfikowanego w wodzie pitnej. *Ochrona Środowiska*, 1992, nr 2-3(46-47), ss. 11-24.

SANITARY QUALITY OF DRINKING WATER

Drinking water should be free of substances that may create health hazards. Even if occurring at low concentrations, some of these compounds have negative health implications, because they enter human organisms continually, together with potable water. The presence of pathogens in drinking water should be attributed to a variety of factors: increased pollution level in the water intake, insufficient effectiveness of the water treatment methods and, last but not least, formation of chlororganic compounds (with negative biological activity) in the course of the disinfection process. Health implications are primarily due to the presence of organic pollutants. The group of organic pollutants varies in quality from

one species to another and is characterized by a high biological activity. Some of them are cytotoxic, while others are genotoxic in nature. Some of the organics become muta- and carcinogenic precursors or promote development of diseases (e.g. promoters of neoplastic transformation). The remaining portion of water pollutants (inorganic compounds, heavy metals) and pathogens creates fewer health problems, as they are efficiently removed in the course of the treatment process. The quality of drinking water is evaluated by standard methods. It should be noted, however, that the standards which are in force now fail to be sufficiently effective. To achieve a reliable quality assessment it is necessary to include, e.g., bioindication.