

JAKOŚĆ WODY Z UJĘĆ NIEPEWNYCH PO ZASTOSOWANIU PROSTYCH METOD UZDATNIANIA WODY

THE QUALITY OF WATER FROM UNSAFE WELLS, AFTER USE SIMPLE METHODS FOR WATER TREATMENT

Streszczenie

W pracy porównano i oceniono skuteczność prostych metod uzdatniania wody. Badania wykonano na próbkach wody pozyskanych z różnych ujęć: fosy, stawu, rowów, studni i rzek. W próbkach wody surowej oznaczono wybrane parametry fizykochemiczne mogące świadczyć o zanieczyszczeniu wody, w pośredni sposób opisujące zawartość węgla organicznego oraz mające wpływ na zużycie chloru podczas dezynfekcji.

Summary

The paper compared and evaluated the effectiveness of simple methods for water treatment. Tests performed on water samples obtained from different sources: a moat, the pond, ditches, wells and rivers. In raw water samples selected physicochemical parameters that may testify to the pollution of water, in an indirect way describing the content of organic carbon and affecting the use of chlorine during the disinfection were tested.

Słowa kluczowe/Key words

jakość wody ♦ dezynfekcja indywidualnych próbek wody
water quality ♦ disinfection of individual water samples

Wody powierzchniowe charakteryzują się zwykle składem fizykochemicznym i mikrobiologicznym odbiegającym znacznie od naturalnego, ponieważ narażone są bezpośrednio na kontakt z odpadami ciekłymi, stałymi i gazowymi.

Najczęstszym i najszybciej działającym zagrożeniem dla ludności zarówno w normalnych warunkach, jak i podczas klęsk żywiołowych czy wojen jest zanieczyszczenie mikrobiologiczne wody. Z tego powodu dbałość o ujęcia (źródła) wody i ciągły nadzór nad nimi jest podstawowym zadaniem służb sanitarnych. Jakość wody przeznaczonej do picia i na potrzeby bytowe musi odpowiadać wymagom określonym przez organizacje międzynarodowe i krajowe zajmujące się bezpieczeństwem ludności [1]. W Polsce wymagania te są zawarte w rozporządzeniu Ministra Zdrowia w sprawie jakości wody do spożycia [2].

Wodę z niesprawdzonych źródeł należy zawsze traktować jako skażoną pod względem mikrobiologicznym. W zależności od warunków geologicznych, zaludnienia, przemysłowania, klimatu, flory i fauny związanej z danym terenem lub rodzaju kłęski żywiołowej czy ewentualnych działań terrorystycznych w wodzie występują stale lub okazjonalnie drobnoustroje pochodzące z różnych grup taksonomicznych. Wirusy, bakterie i ich zarodniki, grzyby oraz pierwotniaki spotykane w wodzie mogą wywołać u ludzi wiele groźnych chorób [1, 3]. Do szczególnie niebezpiecznych należy zaliczyć drobnoustroje pochodzące z zanieczyszczeń odchodami ludzi i zwierząt. Wirusy powodujące schorzenia jelitowe mają zdolność do replikacji w przewodzie pokarmowym i są wydalane w dużych ilościach z kałem. W wodzie (głównie chłodnej) wirusy przeżywają od kilku dni do kilku miesięcy.

Hanna Drejewicz
Elżbieta Stężycka
Roman Łakomy

mgr **Hanna Drejewicz**
dr **Elżbieta Stężycka**
dr **Roman Łakomy**
*Pracownia Higieny,
Zakład Higieny i Fizjologii
Wojskowego Instytutu Higieny
i Epidemiologii*
kierownik pracowni:
dr ROMAN ŁAKOMY
kierownik zakładu:
**doc. dr hab.
JERZY BERTRANDT**
Adres do korespondencji:
*Pracownia Higieny,
Zakład Higieny i Fizjologii
Wojskowego Instytutu Higieny
i Epidemiologii
ul. Kozielska 4,
01-163 Warszawa,
e-mail: r.lakomy@wihe.waw.pl,
tel. (22) 685 31 44*

Bakterie wywołujące epidemie:	Bakterie wywołujące zakażenia pojedyncze lub epidemie u osób z osłabioną odpornością:
<ul style="list-style-type: none"> ▶ <i>Vibrio</i> (<i>Vibrio cholerae</i>, <i>Vibrio El Tor</i>) ▶ <i>Salmonella</i> (<i>S. typhi</i>, <i>S. paratyphi</i>, inne gatunki) ▶ <i>Shigella</i> (<i>S. boydi</i>, <i>S. dysenteriae</i>, <i>S. sonnei</i>, <i>S. flexneri</i>) ▶ <i>Yersinia</i> (<i>Y. enterocolitica</i> serotypy 0:3 i 0:9) ▶ <i>Camphylobacter</i> (<i>C. jejuni</i>, <i>C. laridis</i>, <i>C. coli</i>) ▶ <i>Escherichia coli</i> (enteropatogenne, enterokrwtoczone, nefrotoksyczne, enterotoksyczne, enteroinwazyjne) ▶ <i>Legionella</i> (<i>L. pneumophila</i>) ▶ <i>Listeria monocytogenes</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ <i>Pseudomonas</i> (<i>P. aeruginosa</i>, <i>P. cepacia</i>, inne) ▶ <i>Aeromonas</i> spp. ▶ <i>Klebsiella</i> spp. ▶ <i>Flavobacterium</i> spp. ▶ <i>Serratia</i> spp. ▶ gronkowce ▶ paciorkowce ▶ wolno rosnące mykobakterie (<i>M. tuberculosis</i>) ▶ <i>Brucella</i> ▶ <i>Pasteurella</i> (<i>P. tularensis</i>) ▶ <i>Clostridium</i> (<i>C. perfringens</i>, <i>C. tetani</i>, <i>C. botulinum</i>) ▶ <i>Bacillus</i> (<i>B. anthracis</i>, <i>B. cereus</i>)

▲ Tab. 1. Bakterie chorobotwórcze spotykane w wodzie.

Pierwotniaki spotykane w wodzie:

- ameby
- ▶ *Entamoeba histolytica* (biegunki, ropnie wątroby),
 - ▶ *Acanthamoeba castellani* (zapalenie rogówki, zapalenia opon mózgowych i mózgu),
 - ▶ *Naegleria fowleri* (zapalenie opon mózgowych i mózgu);

Wirus	Choroby wywoływane
Enterowirusy	
Polio	porażenia, zapalenie opon m-r, gorączka
Echo	zapalenie opon m-r, choroby układu oddechowego, wysypki, biegunki, gorączka
Coxackie A	herpangina, choroby układu oddechowego, zapalenie opon m-r, gorączka
Coxackie B	zapalenie mięśnia sercowego, wrodzone wady serca, zapalenie opon m-r, gorączka, choroby układu oddechowego, wysypki
Wirusy hepatotropowe	
HAV, HEV	zapalenie wątroby
Inne wirusy	
Norwalk	epidemiczne biegunki, gorączka
Parwovirusy	choroby układu oddechowego
Adenowirusy	choroby układu oddechowego, zakażenia oczu, krwotoczne zapalenie pęcherza, biegunki
Rotawirusy	epidemiczne biegunki (głównie u dzieci)

▲ Tab. 2. Wirusy spotykane w wodzie, wywołujące schorzenia u ludzi.

- wiciowce
- ▶ *Giardia lamblia* (biegunki),
 - ▶ *Trichomonas hominis* (biegunki); orzęski
 - ▶ *Balantidium coli* (biegunki);

sporozoa

- ▶ *Toxoplasma gondii* (toksoplazmoza),
- ▶ *Isospora belli* (biegunki),
- ▶ *Cryptosporidium parvum* (wodnista biegunka),
- ▶ *Cyclospora cayetanensis* (biegunki podróżnych).

Robaki spotykane w wodzie:

jaja

- ▶ *Enterobius vermicularis*, *Ascaris lumbricoides*, *Toxocara canis*, *Trichuris trichiura*, *Taenia solium*, *Taenia saginata*, *Diphyllobothrium latum*, *Hymenolepsis nana*, *Dipylidium caninum*;

larwy

- ▶ *Ancylostoma duodenale*, *Schistostoma* spp., *Fasciola hepatica*.

W wodzie mogą również znajdować się zarodniki, strzępki i fragmenty grzybnii wielu gatunków grzybów będące przyczyną zakażeń, głównie u osób z obniżoną odpornością; wywołują one grzybice powierzchniowe, podskórne i układowe.

Schorzenia występujące po spożyciu lub kontakcie z wodą skażoną drobnoustrojami to: zaburzenia żołądkowo-jelitowe, infekcje błon śluzowych i skóry, infekcje układu oddechowego, infekcje układu moczowopłciowego, infekcje układu nerwowego oraz infekcje ogólnoustrojowe.

Często choroby wywoływane przez patogenne mikroorganizmy zawarte w skażonej wodzie występują w postaci trudnych do opanowania epidemii szerzących się wśród dużych grup ludności. Konieczne jest wówczas podejmowanie wielu dodatkowych działań, wymagających czasu, wysiłku, środków, zaangażowania personelu medycznego itp. Znajomość prostych, szybkich i skutecznych metod uzdatniania wody oraz zastosowanie ich w trudnych warunkach może zapobiec wystąpieniu chorób związanych ze skażoną wodą.

Proste metody oczyszczania (uzdatniania) wody

Odpowiednio dobrane i stosowane procesy uzdatniania wody muszą zapewniać taki poziom usuwania mikroorganizmów

Woda	Parametry fizykochemiczne jakości wody							Zanieczyszczenie mikrobiologiczne (bakterie wskaźnikowe)
	barwa mg/l Pt	mętność NTU	pH	amoniak mg/l	utlenialność mg/l O ₂	CHZT mg/l O ₂	A ₂₅₄ cm ⁻¹	
Ujęcie I	23	1,35	7,42	0,25	7,7	28	0,230	Bakterie grupy coli 23/100 ml <i>Escherichia coli</i> 6/100 ml
Ujęcie II	26	23,5	7,95	0,10	10,2	38	0,221	Bakterie grupy coli 400/100 ml <i>Escherichia coli</i> 300/100 ml
Ujęcie III	30	1,60	7,22	0,35	7,4	19,6	0,290	Bakterie grupy coli 100/100 ml <i>Escherichia coli</i> brak

chorobotwórczych i innych zanieczyszczeń, aby nie wpływały one negatywnie na zdrowie ludzi.

- ▶ Sedymentacja i dekantacja – procesy, w których większe zanieczyszczenia opadają na dno zbiornika, a lżejsze od wody zbierają się na powierzchni. Po odstaniu wierzchnią warstwę należy odrzucić, a środkową (nad osadem) przelać do czystego naczynia.
- ▶ Filtracja – oczyszczenie wody z cząstek stałych (ziemia, części roślin, śmieci itp.) polega na przesączeniu przez materiał porowaty (tkanina, gaza, lignina itp.).
- ▶ Wystawienie naczynia z wodą na działanie promieni słonecznych.
- ▶ Gotowanie wody przez 1–15 minut.
- ▶ Dezynfekcja wody środkami chemicznymi w postaci tabletek, granulatu, proszku lub kropli.

Często w warunkach ekstremalnych nie ma czasu i możliwości zastosowania metod fizycznych, które zresztą stanowią tylko wstępny etap uzdatniania wody do picia. Bardzo przydatne są wówczas środki chemiczne w postaci tabletek do dezynfekcji. Najprostsze w użyciu zawierają środek biobójczy w ilości zapewniającej dezynfekcję określonej objętości wody (zwykle jednego litra). Tabletki takie są łatwo rozpuszczalne, a czas dezynfekcji wynosi od 15 minut do 2 godzin. Produkty do dezynfekcji chemicznej wody pitnej zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia [4] należą do kategorii I, grupy 5 produktów biobójczych.

Sprzedawane mogą być tylko te środki, na które wydano pozwolenie na wprowadzenie do obrotu.

Należy pamiętać, że woda o znacznej mętności przed dezynfekcją chemiczną powinna być przefiltrowana. Zanieczyszczenia bowiem bardzo ograniczają działanie środków biobójczych (adsorpcja, reakcje chemiczne, rozkład itp.) i nawet zwiększenie

▲ Tab. 3. Rodzaje i jakość mikrobiologiczna badanych próbek wody z ujęć niepewnych.

Parametr	Woda surowa	Woda po przefiltrowaniu przez materiał		
		plótno podwójnie złożone	lignina	wata
Barwa pozorna [mgPt/l]	60	45	35	55
Barwa rzeczywista [mgPt/l]	26	26	25	26
Mętność [NTU]	23,5	16	9,7	21
Utlenialność [mg O ₂ /l]	10,21	8,70	7,62	9,96

▲ Tab. 4. Wpływ wstępnej filtracji wody na niektóre parametry fizykochemiczne.

ilości środka dezynfekcyjnego nie zawsze wystarcza do zniszczenia patogennych drobnoustrojów znajdujących się w wodzie.

Próba badana	Czas dezynfekcji (minuty)	Stężenie wolnego chloru (mg/l)	Wynik badania mikrobiologicznego (hodowla)
Ujęcie I – kontrola	–	–	Bakterie grupy coli 23/100 ml <i>Escherichia coli</i> 6/100 ml
Ujęcie I + 2 tabl. po 3,5 mg NaDCC	30	0,96	Bakterie grupy coli 2/100 ml
	60	0,60	Bakterie grupy coli 1/100 ml
Ujęcie I + 3 tabl. po 3,5 mg NaDCC	30	2,82	Bakterie grupy coli 1/100 ml
	60	2,64	Brak bakterii wskaźnikowych
Ujęcie I + 1 tabl. po 17,0 mg NaDCC	30	7,30	Brak bakterii wskaźnikowych
	60	6,10	Brak bakterii wskaźnikowych

▲ Tab. 5. Wyniki badania wody z ujęcia II przed i po dezynfekcji tabletkami zawierającymi dichloroizocyjanuran sodu, uwzględniające stężenie wolnego chloru w zależności od ilości NaDCC oraz czasu dezynfekcji.

Dichloroizocyjanuran sodu (NaDCC) – skuteczny środek do dezynfekcji

Związek ten należy do grupy preparatów, które dzięki bardzo dużej zawartości aktywnego chloru wykazują silne działanie biobójcze w niskich stężeniach. Są też stabilne podczas przechowywania. Preparaty te występują w postaci tabletek, łatwo więc jest je stosować i dozować. Zgodnie z normami dichloroizocyjanuran sodu zarówno bezwodny, jak i dihydrat może być używany do dezynfekcji wody do spożycia w nagłych wypadkach zagrożenia epidemiologicznego [5, 6]. Związek ten po rozpuszczeniu w wodzie hydrolizuje z uwolnieniem wolnego chloru w postaci kwasu podchloraowego i równoważnej ilości kwasu

cyjanuowego. Według zaleceń WHO dopuszczalne ze względów zdrowotnych stężenie chloru wolnego w wodzie do picia wynosi 5 mg/l. Stężenie to zostało ustalone na podstawie wartości TDI (tolerowane dzienne spożycie) wynoszącej 150 µg/kg masy ciała człowieka. Dopuszczalne stężenie kwasu cyjanuowego w wodzie nie powinno przekraczać 40 mg/l [7].

Badania własne

Celem pracy było porównanie i ocena skuteczności prostych metod uzdatniania wody.

Badania wykonywano na próbkach wody pozyskanych z różnych ujęć: fosy, stawu, rowów, studni i rzek.

W badanych próbkach wody surowej oznaczono wybrane parametry fizykochemiczne, mogące świadczyć o zanieczyszczeniu wody i w pośredni sposób opisujące zawartość węgla organicznego oraz mające wpływ na zużycie chloru podczas dezynfekcji. Do tych parametrów należy zaliczyć barwę rzeczywistą, mętność, pH, amoniak, utlenialność, chemiczne zapotrzebowanie tlenu (CHZT) oraz wartość absorbancji wody przy długości fali 254 nm.

Jakość mikrobiologiczną próbek wody określano zgodnie z wytycznymi zawartymi w załączniku nr 4 do rozp. Ministra Zdrowia z 2002 r. (Dz. U. 2002, nr 203, poz. 1718). Obecność bakterii wskaźnikowych *E. coli* i bakterii grupy coli wykrywano metodą Present/Absent oraz metodą filtrów membranowych. W trakcie dezynfekcji badanych próbek wody oznaczano stężenie wolnego chloru.

Wody mętne poddawano przed dezynfekcją wstępnej filtracji.

Dezynfekcja chemiczna

Do dezynfekcji badanych próbek wody stosowano tabletki z zawartością NaDCC: 3,5 mg, 8,5 mg, 17 mg oraz tabletki z 4,5 mg NaDCC z dodatkiem jonów srebrnych 0,1 mg. Odpowiada to zawartości wolnego chloru kolejno: 2,0 mg, 4,85 mg, 9,70 mg,

oraz 2,57 mg w tabletkach. Czas dezynfekcji wynosił od 30 do 120 minut.

Przeprowadzone badania wykazały, że stężenie wolnego chloru po 30 minutach dezynfekcji nie przekraczało dopuszczalnej ze względu na zdrowie wartości 5 mg/l (wymagania WHO) dla tabletek o zawartości do 10,5 mg NaDCC.

Wnioski

1. Stosowanie środków dezynfekcyjnych w postaci tabletek zawierających dichloroizocyjanuran sodu (NaDCC) oraz tabletek z NaDCC i jonami srebrnymi jest skuteczne dla wody o niskiej mętności (konieczność prefiltracji).
2. Badania wykazały, że wymaganą skuteczność dla dezynfekcji jednego litra wody zanieczyszczonej wykazują tabletki z zawartością co najmniej 8,5 mg do 10,5 mg NaDCC.
3. Wymagany czas dezynfekcji chemicznej wynosi co najmniej 30 minut (producenci tabletek zalecają wydłużenie czasu działania do 2 godzin przy temperaturach niższych niż 10°C i dla zabezpieczenia przed zakażeniem amebami).

Przeprowadzone badania wykazały, że tabletki zawierające NaDCC mogą być skutecznym środkiem używanym do dezynfekcji wody na potrzeby własne. Powinny się znaleźć w wyposażeniu apteczki domowej w takiej ilości, która umożliwi zdezynfekowanie przynajmniej trzech litrów wody na dobę na osobę w sytuacji kryzysowej. Mogą się również znaleźć w apteczce turysty podróżującego w kraju i za granicą, zwłaszcza w odmiennych strefach klimatycznych. W szkołach przetrwania można uczyć sztuki pozyskiwania i uzdatniania wody w warunkach polowych z zastosowaniem metod filtrowania, gotowania i dezynfekcji środkami biobójczymi zawierającymi chlor. ■

Piśmiennictwo:

1. WHO: *Guidelines for drinking-water quality*, third edition, Geneva, 2004, vol. 1.
2. Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia

Próba badana	Czas dezynfekcji (minuty)	Stężenie wolnego chloru mg/l	Wynik badania mikrobiologicznego (hodowla)
Ujęcie II – kontrola pH = 7,95, NTU = 23,5	–	–	Bakterie grupy coli 400/100 ml <i>Escherichia coli</i> 300/100 ml Ogólna liczba bakterii 333 kol/1cm ³ na agarze zwykłym
Ujęcie II + 1 tabl. po 8,5 mg NaDCC	30	2,01	Brak bakterii wskaźnikowych
Ujęcie II + 3 tabl. po 3,5 mg NaDCC	30	3,00	Brak bakterii wskaźnikowych
Ujęcie II + 1 tabl. po 4,5 mg NaDCC i 0,1mg jonów Ag	30	0,32	Brak bakterii wskaźnikowych

Wodę przed posiewami przesączono przez warstwę materiału (NTU = 16,0).

przez ludzi z 29 marca 2007 r., Dz. U. 2007, nr 61, poz. 417

3. Zaremba M. L., Borowski J.: *Podstawy mikrobiologii lekarskiej*, Warszawa, PZWL 1994.

4. Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie kategorii i grup produktów biobójczych z 17.01.2003 r., Dz. U. 2003, nr 16, poz. 150.

5. PN-EN 12931: 2002. Chemikalia do uzdatniania wody do spożycia w nagłych wypadkach. Dichlorocyjanuran sodu bezwodny.

▲ Tab. 6. Wyniki badania wody z ujęcia IV przed i po dezynfekcji tabletkami zawierającymi dichloroizocyjanuran sodu, uwzględniające różne stężenia wolnego chloru w zależności od ilości NaDCC oraz czasu dezynfekcji.

Próba badana	Czas dezynfekcji (minuty)	Stężenie wolnego chloru mg/l	Wynik badania mikrobiologicznego (hodowla)
Ujęcie III – kontrola pH = 7,22, NTU = 1,6	–	–	Bakterie grupy coli 100/100 ml <i>Escherichia coli</i> – brak
Ujęcie III + 3 tabl. po 3,5 mg NaDCC	30	2,79	Brak bakterii wskaźnikowych
	60	2,43	Brak bakterii wskaźnikowych
Ujęcie III + 1 tabl. po 17,0 mg NaDCC	30	5,85	Brak bakterii wskaźnikowych
	60	5,65	Brak bakterii wskaźnikowych

6. PN-EN 12932: 2002. Chemikalia do uzdatniania wody do spożycia w nagłych wypadkach. Dihydrat dichlorocyjanuran sodu.

7. WHO: *Guidelines for drinking-water quality*, third edition, 2nd addenda, 2008

▲ Tab. 7. Wyniki badania wody z ujęcia III przed i po dezynfekcji tabletkami zawierającymi dichloroizocyjanuran sodu, uwzględniające różne stężenia wolnego chloru w zależności od ilości NaDCC oraz czasu dezynfekcji.

data przyjęcia pracy – 24.06.2008
data akceptacji – 31.06.2008