



Jon amonu

w wodzie przeznaczonej
do spożycia przez ludzi

Znaczenie i zagrożenia dla bezpieczeństwa zdrowotnego
Postępowanie w przypadku podwyższonych wartości stężeń

© Główny Inspektorat Sanitarny 2018

Wszelkie prawa zastrzeżone

Niniejsze opracowanie jest chronione prawem autorskim. Prawa autorskie do niniejszego opracowania przysługują Głównemu Inspektoratowi Sanitarnemu.

Każde wykorzystanie niniejszego opracowania lub jego fragmentu wymaga wskazania przynajmniej źródła.

Warszawa, 2018

Opracowano na zlecenie Głównego Inspektoratu Sanitarnego: Dorota Maziarka, Bożena Krogulska – Zakład Bezpieczeństwa Zdrowotnego Środowiska Narodowego Instytutu Zdrowia Publicznego – Państwowego Zakładu Higieny.

SPIS TREŚCI

Wstęp	4
I. Informacje ogólne	5
II. Źródła amoniaku / jonu amonu w środowisku i przenikanie do wód	6
III. Jon amonu w wodzie przeznaczony do spożycia przez ludzi – źródła i pochodzenie	13
IV. Stężenie jonu amonu w wodzie przeznaczony do spożycia przez ludzi, zagrożenia dla zdrowia związane z jego podwyższonymi stężeniami. Zawartość jonu amonu/amoniaku w wybranych produktach spożywczych. Przemiany metaboliczne jonu amonu w organizmie człowieka – cykl mocznikowy i synteza glutaminy	14
V. Zjawisko nitryfikacji w sieciach dystrybucji wody i jego wpływ na jakość wody	20
VI. Wpływ stężenia jonu amonu w wodzie na parametry organoleptyczne i akceptowalność wody	24
VII. Wpływ jonu amonu w wodzie na dezynfekcję wody chlorem	25
VIII. Znaczenie podwyższonych stężeń jonu amonu w wodzie przeznaczony do spożycia przez ludzi – w świetle postanowień dyrektywy Rady 98/83/WE z dnia 3 listopada 1998 r. w sprawie jakości wody przeznaczony do spożycia przez ludzi, przepisów rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczony do spożycia przez ludzi oraz zaleceń Światowej Organizacji Zdrowia (WHO)	26
Podsumowanie	29
Załączniki	32
Przekroczenie wartości parametrycznej jonu amonu w wodzie przeznaczony do spożycia przez ludzi – zasady postępowania	33
Propozycje wzorów komunikatów Państwowego Powiatowego / Państwowego Granicznego Inspektora Sanitarnego w przypadku podwyższonego stężenia jonu amonu w wodzie przeznaczony do spożycia przez ludzi:	44

WSTĘP

Opracowanie „Jon amonu w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Znaczenie i zagrożenia dla bezpieczeństwa zdrowotnego. Postępowanie w przypadku podwyższonych wartości stężeń” **nie jest źródłem powszechnie obowiązującego prawa**, lecz ma charakter pomocniczy w realizacji przez organy Państwowej Inspekcji Sanitarnej zadań w zakresie nadzoru nad bezpieczeństwem zdrowotnym wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.

Niniejsze opracowanie ma charakter ogólny, kierunkowy. W związku z powyższym przy rozpatrywaniu określonego przypadku przekroczenia wartości parametrycznej dla jonu amonu w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi, należy każdorazowo brać pod uwagę indywidualne uwarunkowania, występujące w danej sytuacji (np. stwierdzone przekroczenia wartości parametrycznych innych parametrów).

I. INFORMACJE OGÓLNE

Liczne i rozpowszechnione w środowisku źródła zanieczyszczeń, w których skład wchodzi amoniak, przy jego znacznej rozpuszczalności w wodzie, a zarazem przy szerokim zastosowaniu w różnych działach gospodarki, sprawiają, że jest on często wykrywanym składnikiem wód ujmowanych na zaopatrzenie ludności, zarówno z ujęć powierzchniowych, jak i podziemnych. Wykrywane stężenia jonu amonu są zwykle niewielkie i na ogół nie przekraczają 0,2 mg/l, jednak w kilkunastu procentach ujęć przekraczają wartości uznawane w świetle przepisów za dopuszczalne, osiągając wartość kilku mg/l.

W przypadkach przekroczenia wartości parametrycznej w uzdatnionej wodzie przeznaczonej do spożycia (0,5 mg/l) obawy konsumentów dotyczą przede wszystkim działania toksycznego i szkodliwości dla zdrowia ludzi. W rzeczywistości głównym problemem staje się wtedy niekorzystny wpływ podwyższonych stężeń jonu amonu na jakość wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi i stan sieci wodociągowej. Wpływ ten jest wielokierunkowy, a jego skutki mogą obejmować nitryfikację i będące jej wynikiem **zwiększone stężenie zanieczyszczeń o istotnym znaczeniu dla zdrowia, w tym azotynów i azotanów, zakłócenie dezynfekcji wody poprzez reakcję jonu amonu z chlorem i powstawanie chloramin oraz przykrego zapachu i smaku wody, jak również pogorszenie stanu technicznego systemu dystrybucji wody i częste uleganie awariom. Jon amonu wykrywany w podwyższonych stężeniach w wodzie ujmowanej lub wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi może sygnalizować przeniknięcie do wody ścieków, zawierających odchody ludzi i/lub zwierząt i związane z tym skażenie mikrobiologiczne wody. Amoniak może być także obecny w ściekach przemysłowych różnego pochodzenia oraz w wodach opadowych, wraz z którymi do wód ujmowanych poza amoniakiem mogą przenikać także nawozy i pestycydy. Stwierdzenie podwyższonych stężeń jonu amonu w wodzie, przekraczających wartość parametryczną generalnie powinno skłaniać do działań mających na celu możliwie szybką ich normalizację.**

Rozpatrując problemy związane z obecnością jonu amonu w wodach ujmowanych do celów zaopatrzenia ludności i w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi należy pamiętać, że z uwagi na procesy amonifikacji, nitryfikacji i denitryfikacji formy mineralnych związków azotowych w wodzie (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) bywają nietrwałe i mogą wzajemnie przechodzić jedna w drugą, co może wpływać i modyfikować wartości ich stężeń.

II. ŹRÓDŁA AMONIAKU / JONU AMONU W ŚRODOWISKU I PRZENIKANIE DO WÓD

W temperaturze pokojowej amoniak występuje w formie gazu, który rozpuszcza się w wodzie ulegając jonizacji. **W wyniku tego procesu powstaje jon amonu NH_4^+ , pozostający w stanie równowagi z rozpuszczonym w wodzie amoniakiem.** Na utrzymanie się powyższego stanu równowagi decydujący wpływ wywiera pH i temperatura wody, które w zakresie wartości najczęściej charakteryzujących wodę przeznaczoną do spożycia przez ludzi ($\text{pH} < 8,0$) sprawiają, że jon amonu stanowi ilościowo dominującą formę azotu amonowego (ok. 95%).

Amoniak występujący w środowisku pochodzi zarówno ze źródeł naturalnych, jak i antropogenicznych. **Z praktycznego punktu widzenia ważne jest ustalenie pochodzenia jonu amonu w wodzie ujmowanej i odróżnienie jego pochodzenia mineralnego, któremu zwykle, poza często współwystępującym podwyższonym stężeniem żelaza, nie towarzyszą inne zanieczyszczenia, od jonu amonu przenikającego do wody wraz ze ściekami, kiedy należy liczyć się ze skażeniem mikrobiologicznym wody lub jej zanieczyszczeniem przez składniki nawozów naturalnych i sztucznych, środki ochrony roślin, substancje chemiczne obecne w ściekach przemysłowych lub w odciekach ze składowisk odpadów. Rzutują one zwykle na podwyższone wartości szeregu innych wskaźników jakości wody, w tym ogólny węgiel organiczny, azotany, azotyny, chlorki. Przyjmuje się, że jeśli podwyższonym stężeniom jonu amonu towarzyszy znaczny wzrost utlenialności i barwy wody, przemawiają one za pochodzeniem azotu amonowego z rozkładu substancji organicznych pochodzenia roślinnego, natomiast na jego odzwiercące pochodzenie wskazuje w szczególności znaczny wzrost utlenialności wody przy jednocześnie podwyższonym stężeniu chlorków (Just, 1958). W ustaleniu pochodzenia jonu amonu stwierdzanego w wodzie pomocne są dane hydrogeologiczne i hydrogeochemiczne oraz informacje dotyczące wykorzystania gruntów w otoczeniu ujęcia wody i występowania źródeł zanieczyszczeń.**

W wodach podziemnych przeważa jon amonu pochodzenia geogenicznego, którego źródłem jest mineralizacja substancji organicznych zawierających azot, zachodząca w warunkach beztlenowych. Jest to najbardziej typowa sytuacja, prowadząca do stałego utrzymywania się w wodzie podwyższonych stężeń jonu amonu, wymagająca uwzględnienia jego eliminacji w procesie uzdatniania wody. Substancje będące źródłem azotu stają się elementem utworów geologicz-

nych w czasie kształtowania się warstw wodonośnych i ich otoczenia. Jon amonu może osiągać w wodach podziemnych znaczne stężenia, sięgające 10 mg/l, gdy panują w nich warunki redukcyjne, ponieważ głównym jego źródłem są procesy redukcji azotynów i azotanów oraz mineralizacja substancji zawierających azot, zachodząca w warunkach beztlenowych. Do redukcji azotanów i azotynów w tych warunkach przyczynia się siarkowodór i minerały siarczkowe, jak piryt. W wodach podziemnych, izolowanych od wpływu wód powierzchniowych przez warstwy nieprzepuszczalne podwyższonym stężeniem jonu amonu nie towarzyszą inne rodzaje zanieczyszczeń, w szczególności skażenie mikrobiologiczne. Wyjątkiem bywa jedynie żelazo i mangan, mogące również występować w stężeniach przekraczających wartości parametryczne. Źródłem jonu amonu w wodach podziemnych może być także rozkład substancji humusowych, których degradacja prowadzi do znacznego zużycia tlenu i powstawania azotu amonowego.

Bardzo różnorodne i rozpowszechnione są antropogenne źródła amoniaku, przenikającego do wód, w szczególności do wód powierzchniowych i płytkich wód gruntowych. Bywają one w szczególności związane z zanieczyszczeniem ściekami, zawierającymi odchody ludzi i/lub zwierząt oraz ze stosowanymi w rolnictwie nawozami naturalnymi i sztucznymi.

W toku trawienia przyjmowanych z pożywieniem białek i aminokwasów w jelicie grubym oraz przemian metabolicznych, jakim ulegają struktury białkowe w organizmach zwierząt i człowieka, uwalniane są znaczne ilości amoniaku. Ścieki, w których skład wchodzi odchody ludzi lub zwierząt zawierają znaczne ilości związków azotowych, w tym amoniaku. Ścieki bytowe, przenikające do wód z osadników gnilnych, nieszczelnych zbiorników na nieczystości, w wyniku ich rozsądzania lub odprowadzania do wód bez wystarczającego oczyszczenia, jak również ścieki z ferm przemysłowej hodowli zwierząt stanowią jedno z największych źródeł zanieczyszczenia wód amoniakiem. Szczególnie duże ilości azotu zawierają ścieki powstające przy intensywnej hodowli zwierząt gospodarczych, w których stężenie azotu ogólnego może sięgać 1350 mg N/l, czyli wielokrotnie więcej niż w ściekach komunalnych, w których wynosi przeciętnie ok. 50 mg N/l. Gnojowica zawiera azot w formie związków białkowych, aminokwasów i mocznika, w ilości sięgającej przeciętnie 3500 mg/kg. Związki te mogą ulegać zarówno amonifikacji, jak i nitryfikacji do azotu azotanowego. Amoniak uwalniany jest także w wyniku rozkładu białka znajdującego się w butwiejących tkankach roślinnych, a także z rozkładających się ciał martwych zwierząt.

Źródłem zanieczyszczenia wód jonem amonu mogą być także przenikające do wód gruntowych odcieki z nieodpowiednio zorganizowanych, nieszczelnych składowisk odpadów. Na stopień

zanieczyszczenia wód w takiej sytuacji decydująco wpływa rodzaj gromadzonych odpadów, czas funkcjonowania składowiska oraz jego przygotowanie do eksploatacji. W badaniach odcieków ze składowisk odpadów komunalnych stwierdzano znaczną zawartość zarówno azotu ogólnego (do 2746 mg/l), jak i amonowego, sięgającą 2470 mg/l. Wymienione źródła mogą być także źródłem przenikania amoniaku do powietrza atmosferycznego, gdzie pewne jego ilości mogą rozpuszczać się w wodzie deszczowej, a w dalszym etapie przenikać wraz z opadami do wód powierzchniowych i gleby oraz wód gruntowych.

Będąc jednym z głównych źródeł azotu dla roślin, amoniak należy do podstawowych składników nawozów, zarówno naturalnych, jak i syntetycznych. Z uwagi na dobrą rozpuszczalność w wodzie niewykorzystany przez rośliny jon amonu zawarty w nawozach może przenikać do głębszych warstw gleby, w tym do warstw wodonośnych, powodując zanieczyszczenie wody. Mimo dobrej rozpuszczalności w wodzie migracja jonu amonu jest ograniczona z uwagi na jego tendencję do sorpcji i do tworzenia kompleksów z minerałami ilastymi. Niekiedy jon amonowy ulega wcześniej utlenieniu do azotanów i azotynów, których mniejsze właściwości sorpcyjne sprzyjają łatwiejszej migracji i rozprzestrzenianiu się w warstwach wodonośnych.

Jon amonu uważany jest za istotny wskaźnik zanieczyszczeń wód powierzchniowych oraz płytkich wód gruntowych nawozami organicznymi, ściekami związanymi z rolnictwem, ściekami bytowymi, odciekami ze składowisk odpadów komunalnych i przemysłowych. Jego źródłem mogą być także produkty i odpady wytwarzane w niektórych gałęziach przemysłu, obok wymienionych uprzednio stosowanych w rolnictwie nawozów oraz odpadów i odchodów, których źródłem jest intensywny chów zwierząt.

Zawartość azotu amonowego w wodach ujmowanych, zwłaszcza powierzchniowych, podlega znacznym wahaniom w ciągu roku. Wartości stężeń obniżają się w porze letniej, gdy jest on asymilowany przez organizmy roślinne i gdy intensywnie przebiegają procesy nityfikacji. W porze zimowej, kiedy następuje zahamowanie zarówno wegetacji, jak i nityfikacji, wartości stężeń jonu amonu wykazuje tendencję wzrostową. Zawartość poszczególnych form jonowych azotu występujących w wodzie (jonu amonowego NH_4^+ , azotanowego NO_3^- i azotynowego NO_2^-) i ocena ich zmienności w czasie oraz ich korelacja z danymi dotyczącymi wykorzystania gruntów w sąsiedztwie ujęcia pozwala na orientacyjną ocenę czasu i możliwego pochodzenia zanieczyszczeń. **Wysoki poziom jonu amonowego przy braku występowania azotynów świadczy o świeżym / niedawnym zanieczyszczeniu wody, w którym dominujący udział mają ścieki komunalne. Równoczesna obecność jonu amonowego i azotynów wskazuje, że do**

zanieczyszczenia wody doszło w stosunkowo niedawnej przeszłości, natomiast niewykrycie w wodzie jonu amonowego ani azotynów przy podwyższonym stężeniu azotanów sugeruje, że zanieczyszczenie nastąpiło dość dawno, a czas, jaki upłynął od chwili przeniknięcia zanieczyszczeń był wystarczająco długi, aby umożliwić utlenienie jonu amonowego. Konfiguracja ta wskazuje także na prawdopodobne zanieczyszczenie wody w wyniku spływu z obszarów użytkowanych rolniczo. Powyższe dane mają znaczenie orientacyjne, a w ich interpretacji pomocna jest analiza zagospodarowania terenów wokół ujęcia wody i dane dotyczące budowy geologicznej danego obszaru.

Z uwagi na dobre właściwości czyszczące sole amonu znajdują szerokie zastosowanie jako składnik środków do czyszczenia twardych powierzchni, w tym szkła, posadzek, blatów. Przeznaczone do użytku w gospodarstwach domowych wyroby tego rodzaju zawierają 3-30% soli amonowych, co sprawia, że w razie przypadkowego spożycia stają się przyczyną ciężkich oparzeń jamy ustnej i górnego odcinka przewodu pokarmowego. Amoniak w formie ciekłej bywa wykorzystywany w instalacjach chłodniczych w przemyśle, także w przemyśle spożywczym. Przemysłowe wykorzystanie amoniaku jako surowca obejmuje również produkcję włókien i tekstyliów, tworzyw sztucznych, barwników, farb i lakierów, materiałów wybuchowych, szkła i papieru. Stanowi on składnik nawozów sztucznych, stosowany jest przy wydobywaniu minerałów fosforanowych, jako inhibitor korozji w rafineriach ropy naftowej i na stacjach gazowych, jako stabilizator w produkcji gumy, w przemyśle skórzanym, jako czynnik chłodzący w obróbce metalu. W przemyśle spożywczym sole amonu stosowane są w niewielkich ilościach jako dodatki technologiczne do żywności, pełniące funkcję regulatorów kwasowości, stabilizatorów, środków spulchniających i wspomagających fermentację oraz substancji wzmacniających smak (0,001% – 3,2%). W niektórych krajach wprowadza się ograniczenia ilościowe w ich stosowaniu, określone odrębnie dla poszczególnych związków amonu – węglanu, dwuwęglanu, wodorotlenku i fosforanu amonu (ATSDR 2004). Amoniak znajduje ponadto szerokie zastosowanie w przemyśle farmaceutycznym, chemicznym jako surowiec do syntezy cyjanków, amin, amidów, azotynów, składników substancji barwiących. Amoniak może być obecny w ściekach i odpadach, pochodzących z powyższych instalacji przemysłowych i wraz z nimi przenikać do wód.

Podwyższone wartości stężeń jonu amonu w uzdatnionej wodzie przeznaczony do spożycia przez ludzi najczęściej wynikają z jego znacznej zawartości w wodzie ujmowanej, przy niestosowaniu uzdatniania wody lub braku jego skuteczności. Do wzrostu zawartości jonu amonu w wodzie przeznaczony do spożycia przez ludzi może także dochodzić na etapie

jej dystrybucji. Źródłem przenikania jonu amonu do wody wodociągowej **mogą być elementy konstrukcyjne sieci wodociągowych, w szczególności stosowane w nich niektóre rodzaje wykładzin cementowych**. Powodem wzrostu stężenia jonu amonu w wodzie bywały także domowe urządzenia do poprawy jakości wody wodociągowej (EFSA, 2012). Specyficznym powodem podwyższonych stężeń jonu amonu w wodzie bywa chloraminowanie wody, stosowane w celu ochrony przed wtórnym zanieczyszczeniem mikrobiologicznym w systemach dystrybucji. Wykorzystuje się do tego celu monochloraminę, charakteryzującą się słabszym w porównaniu z chlorem działaniem biobójczym, lecz zarazem większą od niego stabilnością. Chloraminowanie wody pozwala ograniczyć powstawanie trihalometanów, będących głównymi ubocznymi produktami dezynfekcji wody chlorem, prowadzi jednak do występowania innych niepożądanych produktów dezynfekcji, w tym chloropikryny, kwasów haloctowych oraz odznaczających się silnym nieprzyjemnym zapachem chlorofenoli. Monochloramina w wodzie wodociągowej o zbliżonej do neutralnej wartości pH poprzez szereg reakcji może ulegać rozkładowi, w wyniku którego uwalniany jest chlor i jon amonowy. Chloraminy (mono-, di- i trichloramina) same stanowią niekiedy uboczne produkty dezynfekcji wody chlorem, których powstawaniu sprzyja podwyższona zawartość jonu amonu w wodzie. Wszystkie chloraminy charakteryzują się silnym nieprzyjemnym zapachem oraz działaniem drażniącym błony śluzowe.

Podsumowując, przenikanie jonu amonu do wody obejmuje następujące źródła:

Wody powierzchniowe i płytkie/gruntowe:

- nawozy stosowane w rolnictwie, naturalne i sztuczne, także wykorzystywane w rolnictwie osady ściekowe,
- ścieki odprowadzane do wody i gleby, zawierające odchody ludzi i zwierząt, w tym ścieki bytowo-gospodarcze w osadników gnilnych, wadliwych instalacji kanalizacyjnych, także ścieki przemysłowe w zakładów przetwórczych (produkcja mączki rybnej),
- odchody zwierzęce i procesy ich rozkładu, także z obiektów, w których prowadzony jest wielkoprzemysłowy chów zwierząt, zanieczyszczenie gnojówką i gnojownicą,
- inne odpady pochodzenia zwierzęcego,
- rozkład substancji organicznej, zawierającej białko – obumierających resztek roślinnych, martwych zwierząt,
- ścieki i odpady z instalacji przemysłowych, w których wykorzystywany jest amoniak i sole amonowe, w tym w przemyśle chemicznym, farmaceutycznym, tekstylnym,
- odcieki ze składowisk odpadów,
- wiązanie amoniaku zawartego w powietrzu;

Wody podziemne:

- utwory geologiczne – mineralizacja substancji organicznych zawierających azot w warunkach beztlenowych, redukcja azotanów przez siarkowodór i piryt;

W wodzie w systemie dystrybucji:

- chloraminowanie wody,
- wykładziny cementowe (niektóre rodzaje) w systemie magazynowania i dystrybucji wody,
- przepływ zwrotny,
- niektóre domowe urządzenia do poprawy jakości wody.



III. JON AMONU W WODZIE PRZEZNACZONEJ DO SPOŻYCIA PRZEZ LUDZI – ŹRÓDŁA I POCHODZENIE

Podjęcie antropogennych źródeł obecności jonu amonu w wodzie ujmowanej, zwłaszcza powierzchniowej i z ujęć infiltracyjnych nasuwają szczególnie wysokie wartości jego stężeń, znacznie przekraczające wartość parametryczną, określoną w przepisach prawnych na poziomie 0,50 mg/l (rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, Dz. U. poz. 2294), budząc zarazem obawy o możliwe jednoczesne zanieczyszczenie wody mikroorganizmami chorobotwórczymi, pestycydami i innymi niepożądanymi substancjami, które mogą być obecne w ściekach komunalnych, przemysłowych lub odciekach ze składowisk odpadów.

Podwyższone stężenie jonu amonu w wodzie w sieci dystrybucji wskazuje na różnego pochodzenia zanieczyszczenie wody ujmowanej (krótko – lub długotrwałe, to drugie z reguły w wodach podziemnych) i/lub niesprawność systemu uzdatniania wody. Możliwe następstwa takiej sytuacji obejmują:

- obawy ze strony konsumentów o zagrożenie dla zdrowia,
- ograniczenie skuteczności dezynfekcji wody (tworzenie się chloramin w wyniku reakcji jonu amonu z chlorem),
- zużycie tlenu w sieci wodociągowej (tworzenie warunków beztlenowych),
- zjawisko nitryfikacji i powstawanie szkodliwych dla zdrowia człowieka azotynów/azotanów,
- pogorszenie smaku i zapachu wody.

Zmiany te są niezależne od źródła przenikania jonu amonu do wody i mogą występować także w przypadku, gdy jest on pochodzenia geogenicznego.

IV. STĘŻENIE JONU AMONU W WODZIE PRZEZNACZONEJ DO SPOŻYCIA PRZEZ LUDZI, ZAGROŻENIA DLA ZDROWIA ZWIĄZANE Z JEGO PODWYŻSZONYMI STĘŻENIAMI. ZAWARTOŚĆ JONU AMONU/AMONIAKU W WYBRANYCH PRODUKTACH SPOŻYWCZYCH. PRZEMIANY METABOLICZNE JONU AMONU W ORGANIZMIE CZŁOWIEKA – CYKL MOCNIKOWY I SYNTEZA GLUTAMINY

Przedmiotem obaw konsumentów dowiadujących się o podwyższonych wartościach stężeń jonu amonu w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi jest przede wszystkim potencjalne zagrożenie dla zdrowia.

Najwięcej danych dotyczących szkodliwego wpływu amoniaku na zdrowie ludzi dotyczy wziewnej drogi narażenia. Amoniak obecny w powietrzu charakteryzuje się ostrym zapachem, wyczuwalnym w niskich stężeniach (od 0,4 mg/m³) oraz z uwagi na swój zasadowy charakter właściwościami drażniącymi błony śluzowe oczu, jamy nosowej, gardła i dolnych dróg oddechowych, przejawiającymi się łzawieniem, przekrwieniem i obrzękiem błon śluzowych. Wg OSHA¹, najniższe stężenie amoniaku w powietrzu powodujące odczuwalne podrażnienie spojówek, jamy nosowej i gardła u najbardziej wrażliwych osób wynosi 35 mg/m³. Zmiany te są wyraźnie uchwytne przy narażeniu na stężenia mieszczące się w przedziale 50-100 mg/m³, nasilają się w miarę wzrostu stężeń i przybierają ostre nasilenie przy narażeniu na stężenie 400-700 mg/m³. W stężeniu przekraczającym 1000 mg/m³ amoniak powoduje oparzenia i uszkodzenie tkanek w powyższych narządach, w szczególności błon śluzowych oczu, jamy nosowej, gardła, krtani, tchawicy, oskrzeli.

¹ ang. Occupational Safety and Health Administration

Tabela 1. Następstwa zdrowotne ekspozycji wziewnej na amoniak w zależności od stężenia w powietrzu i czasu trwania narażenia

Stężenie amoniaku w powietrzu i czas narażenia	Następstwa zdrowotne
20-50 ppm (14-35 mg/m ³)	Niewielki dyskomfort, zależny od przyzwyczajenia osoby narażonej
50-80 ppm (35 – 56 mg/m ³), 2 godziny	Odczuwalne podrażnienie spojówek i gardła
100 ppm (70 mg/m ³), 2 godziny	Dokuczliwe podrażnienie spojówek i gardła
140 ppm (100 mg/m ³), 2 godziny	Nasilone podrażnienie błon śluzowych oczu i gardła, konieczność opuszczenia miejsca narażenia
500 ppm (350 mg/m ³), 30 minut	Jak wyżej, ale o większym nasileniu Ból przy połykaniu, chrypka, obrzęk powiek, przekrwienie / zaczerwienienie spojówek, warg, błon śluzowych jamy ustnej i języka, duszność, kaszel
700-1700 ppm	Niesprawność z powodu nasilonego łzawienia i kaszlu, spłycenie oddechu, duszność, kaszel, objawy bronchospastyczne (wynik skurczu oskrzeli i obrzęku śluzówki), odkrztuszanie pianistej wydzieliny, niekiedy z domieszką krwi.
5 000 – 10 000 ppm	Obrzęk płuc, niewydolność oddechowa, chemiczne oparzenie błon śluzowych i skóry, wstrząs, niepokój, duszność, szybkie nitkowane tętno, zgon

Roztwory wodne soli amonowych o stężeniu 1000 mg/l mogą powodować ciężkie oparzenie i następne bliznowacenie skóry oraz błon śluzowych. Roztwory środków czyszczących o stężeniu 3-30% w razie ich przypadkowego spożycia stwarzają znaczne zagrożenie oparzeniami górnego odcinka przewodu pokarmowego, a w przypadku rozprysku i kontaktu z gałką oczną, także ryzyko uszkodzenia narządu wzroku ze ślepotą włącznie. W opisanych wyżej przypadkach szkodliwe dla zdrowia skutki ekspozycji są następstwem przede wszystkim miejscowego działania drażniącego / żrącego, a nie ogólnoustrojowego działania toksycznego.

Wartości stężeń jonu amonu w wodzie przeznaczony do spożycia przez ludzi, nawet gdy wyraźnie przekraczają wartość parametryczną określoną w przywołanych wyżej przepisach prawnych, są wielokrotnie (kilkaset do kilku tysięcy razy) niższe od poziomów mogących wywierać miejscowe działanie drażniące i żrące, w związku z czym nie stwarzają takiego zagrożenia. Oceniając natomiast wpływ zawartego w wodzie jonu amonu na zdrowie ludzi należy zauważyć, że ilości tej

substancji przyjmowane wraz z wodą przeznaczoną do spożycia przez ludzi, mają znikomy udział w ogólnej jego puli powstającej w organizmie w wyniku procesów metabolicznych i nie przyczyniają się znacząco do zwiększenia obciążenia organizmu. Amoniak jest zarówno stałym, naturalnym składnikiem licznych produktów spożywczych, jak i powstającym w organizmie człowieka w znacznych ilościach metabolitem białek i innych substancji zawierających azot. Stanowi źródło azotu, wykorzystywanego do syntezy aminokwasów endogennych, białek i kwasów nukleinowych (RNA i DNA). Amoniak stanowi stały składnik produktów spożywczych, zarówno naturalnego pochodzenia, jak i stosowany w formie dodatków technologicznych do żywności. Największą zawartością amoniaku charakteryzują się warzywa korzeniowe oraz produkty, w których wytwarzaniu znajdują zastosowanie procesy fermentacji, w tym sery dojrzewające, co ilustruje poniższa tabela.

Tabela 2. Zawartość jonu amonowego/amoniaku w wybranych produktach spożywczych (TNO, 2010; EFSA, 2012)

Produkt spożywczy	Zawartość amoniaku / jonu amonu (mg/kg)
jabłka (świeże)	235
owies	8 130
buraki	8 800
gotowana kapusta	do 11 060
marchew	3 970
kalafior	6 376
seler (nać) i /lub łodygi	19 600
ser tyłżycki	164 400
smażony kurczak	0,2
kawa	do 820
kukurydza	10 030
jajko	do 9
ryba (tłusta, solona)	2 928
chmiel	10 660
jarmuż	15 260
sałata	10 260
stód	1 192
rzodkiew, świeża	8 450
rabarbar	6 340
czarna herbata	400
czerwone wino	do 40
białe wino	do 69

W organizmach ssaków, w tym człowieka, zachodzi co najmniej 20 reakcji metabolicznych, których jednym z produktów jest amoniak. Źródłem amoniaku dla organizmu człowieka jest białko, aminokwasy i kwasy nukleinowe dostarczane wraz z żywnością, katabolizm glutaminy zachodzący w komórkach nabłonka jelitowego (enterocytach) oraz uwalnianie amoniaku przez mięśnie szkieletowe w czasie ich pracy w cyklu nukleotydów purynowych.

Zgodnie z danymi Światowej Organizacji Zdrowia (WHO), dobowe spożycie amoniaku wraz z żywnością i wodą przeznaczoną do spożycia przez ludzi przypadające na osobę dorosłą wynosi przeciętnie ok. 18 mg/d. Głównym źródłem amoniaku/jonu amonu w organizmie jest rozkład przyjętych z żywnością peptydów, aminokwasów i kwasów nukleinowych, zachodzący w świetle jelita przy udziale obecnej tu mikroflory bakteryjnej. Ilość amoniaku wytwarzanego tą drogą w ciągu doby u osoby dorosłej o masie ciała ok. 70 kg wynosi ok. 40-60 mg/kg m.c., co odpowiada 3-4 g na dobę. W jelicie grubym zachodzi także rozkład części wytwarzanego w organizmie mocznika, którego ok. 25%-30% dobowej ilości przenika do światła jelita i tu pod wpływem wytwarzanej przez bakterie ureazy ulega rozkładowi z uwolnieniem amoniaku. Znaczne ilości jonu amonu wytwarzane są także przez enterocyty w błonie śluzowej jelita z glutaminy. Aminokwas ten, przyjmowany z pożywieniem, stanowi źródło energii dla enterocytów. Ulega on w nich rozkładowi pod wpływem glutaminazy, co powoduje uwolnienie znacznych ilości amoniaku, który jest następnie transportowany z krwią żyłą wrotną do wątroby.

Pewne ilości amoniaku powstają także w mięśniach szkieletowych podczas ich intensywnej pracy. Amoniak wytwarzany jest w cyklu nukleotydów purynowych, dostarczającym potrzebnej do skurczu mięśni energii w wyniku dokonującego się pod wpływem deaminazy AMP przekształcenia monofosforanu adeniny do monofosforanu inozyny. Jest on następnie wiązany w procesie syntezy glutaminy w tkankach obwodowych. Należy podkreślić, że metabolizm amoniaku w mięśniach szkieletowych przebiega odmiennie w fazie ich spoczynku, kiedy miocyty wychwytyują amoniak z krążenia, wykorzystując go do syntezy glutaminy.

Po przyjęciu drogą doustną amoniak ulega szybkiemu i prawie całkowitemu wchłonięciu (wykazano to w badaniach ze znacznikiem izotopowym), a następnie przetransportowaniu żyłą wrotną do wątroby (ATSDR 2004, EFSA 2012). Amoniak wytwarzany w świetle i w ścianie jelita również ulega wchłanianiu i transportowany jest następnie do wątroby żyłą wrotną, w której krwi osiąga stężenie 10 razy wyższe niż w krążeniu obwodowym (Haussinger D: Ammonia, urea production and regulation, 1984).

Drogi wiązania i ograniczania toksyczności amoniaku obejmują dwa główne mechanizmy: cykl mocznikowy (ornitynowy) oraz syntezę glutaminy. Większość wchłoniętego z przewodu pokarmowego amoniaku jest metabolizowana w wątrobie w cyklu mocznikowym do mocznika, wydalanego następnie z moczem przez nerki. Glutamina poza wątrobą syntetyzowana jest także w znaczących ilościach w mózgu oraz w pozostających w spoczynku mięśniach szkieletowych.

Włączenie amoniaku w cykl mocznikowy zapoczątkowuje katalizowana przez anhidrazę węglanową reakcja przekształcania dwutlenku węgla w karboksyfosforan (bezwodnik fosforanowo-węglanowy). W dalszym etapie poprzez związanie z nim jonu amonu powstaje karbamoilofosforan, w dwustopniowej reakcji katalizowanej przez syntetazę karbamoilo-fosforanową I w obecności jonów magnezu i N-acetyloglutaminianu. Grupa karbamoilowa zostaje następnie przeniesiona na ornitynę poprzez enzym karbamoilotransferazę ornitynową, w wyniku czego powstaje cytrulina. Asparaginian i cytrulina poprzez syntetazę argininobursztynową łączą się przez grupę aminową asparaginianu, tworząc kwas asparaginobursztynowy. Ulega on następnie rozszczepieniu do argininy i fumaranu pod wpływem liazy asparaginobursztynowej. Fumaran wnika następnie do mitochondriów, gdzie włączany jest w cykl kwasów trójkarboksylowych, natomiast od cząsteczki argininy w wyniku reakcji katalizowanej przez asparaginazę odłączany jest mocznik. Pozostałym produktem tej reakcji jest ornityna, która ponownie jest włączana w cykl mocznikowy. Mocznik wydalany jest głównie przez nerki.

Drugą drogą metabolizmu i eliminacji nadmiaru amoniaku jest synteza glutaminy. Zachodzi ona głównie w wątrobie w obszarze bezpośrednio sąsiadującym z żyłą centroplacikową, co umożliwia komórkom okołonaczyniowym wiązanie amoniaku, który nie został włączony w cykl mocznikowy. Zapewnia to skuteczność usuwania amoniaku z krążenia poprzez łączenie cyklu mocznikowego jako procesu o dużej wydajności i niskim powinowactwie z syntezą glutaminy jako procesu o mniejszej wydajności (ok. 30% amoniaku docierającego do wątroby z żyłą wrotną), lecz wyższym powinowactwie do amoniaku. Glutamina syntetyzowana jest poza wątrobą także w pozostających w fazie spoczynku mięśniach szkieletowych oraz w mózgu i jest następnie wykorzystywana jako donator grup aminowych w syntezie innych aminokwasów endogennych i nukleotydów.

Cykl mocznikowy, w wyniku którego amoniak przekształcany jest w mocznik oraz synteza glutaminy sprawiają, że zmniejszeniu ulega potencjał działania toksycznego amoniaku, umożliwiając zarazem wydalanie z moczem znacznych jego ilości. Zapewniają one sprawną eliminację amoniaku z krążenia, pozwalając mimo znacznej podaży utrzymać jego stężenie w surowicy

krwi na poziomie nieprzekraczającym 35 $\mu\text{mol/l}$ (60 $\mu\text{g/dl}$), nie stwarzającym zagrożenia działaniem toksycznym. Doświadczalnie wykazano, że u zdrowych ochotników nawet znaczna ilość przyjętego doustnie amoniaku/jonu amonu (44,4 mg chlorku amonu/kg m.c., co odpowiada 15 mg amoniaku/kg m.c.) powoduje jedynie niewielki i przejściowy wzrost stężenia jonu amonu w surowicy krwi. Mimo znacznych ilości amoniaku powstającego w przewodzie pokarmowym, możliwości wiązania go w cyklu moczniowym są w praktyce znacznie większe (7-8-krotnie) z uwagi na rezerwę czynnościową wątroby. Cykl moczniowy ulega zakłóceniu w rzadkich przypadkach genetycznie uwarunkowanej zmniejszonej aktywności uczestniczących w nim enzymów oraz w zaawansowanej, schyłkowej niewydolności wątroby i nerek.

Powyższe dane wskazują, że amoniak będąc integralnym i naturalnym składnikiem uczestniczącym w procesach metabolicznych jest wytwarzany w organizmie człowieka w ilościach wielokrotnie przewyższających ilości przyjmowane wraz z wodą przeznaczoną do spożycia przez ludzi i z żywnością. Jest on metabolizowany w wątrobie i wydalany z moczem w sposób skutecznie chroniący przed efektem toksycznym. Dobowe spożycie jonu amonu wynikające z jego zwiększonego stężenia w wodzie do picia (maksymalnie kilka mg/d, a łącznie z amoniakiem zawartym w żywności ok. 18 mg/d) stanowi nieznaczną dawkę w stosunku do ilości wytwarzanej endogennie (3000-4000 mg). Nie przyczynia się ona do zwiększenia zagrożenia działaniem toksycznym. WHO na podstawie analizy danych doświadczalnych i klinicznych dotyczących toksycznego działania amoniaku uznała, że ryzyko takiego efektu w przypadku jonu amonu w wodzie przeznaczony do spożycia przez ludzi mogłoby teoretycznie wystąpić przy jego skrajnie wysokim stężeniu, przekraczającym 200 mg/l, w praktyce niespotykanym (WHO Guidelines on DWQ, 4 ed., 2017).

WHO nie określiła zalecanej maksymalnej wartości stężeń jonu amonu w wodzie przeznaczony do spożycia przez ludzi, uznając, że w stężeniach, w których może on występować nie wykazuje właściwości drażniących ani toksycznych. Mimo to obecność jonu amonu w wodzie przeznaczony do spożycia przez ludzi w podwyższonym stężeniu jest niepożądana z uwagi na niekorzystny wpływ na proces uzdatniania i dezynfekcji wody oraz jej akceptowalność przez konsumentów.

V. ZJAWISKO NITRYFIKACJI W SIECIACH DYSTRYBUCJI WODY I JEGO WPŁYW NA JAKOŚĆ WODY

Zwiększone stężenie jonu amonu w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi może sprzyjać powstawaniu w sieci dystrybucji wody azotanów i azotynów, parametrów o bezpośrednim wpływie na bezpieczeństwo wody dla zdrowia ludzi. Do powstawania obu wymienionych substancji może dochodzić w wyniku procesu nitryfikacji – dwustopniowej reakcji utleniania jonu amonu, mogącej zachodzić w wodach naturalnych, jak również chloraminowanych. Nitryfikacja jest procesem mikrobiologicznym, w wyniku którego zredukowane związki azotowe, głównie jon amonu, są stopniowo utleniane i przekształcane do azotynów, a następnie azotanów. Zjawisko to dotyczy jonu amonu obecnego w wodzie niezależnie od jego pochodzenia i ewentualnego zanieczyszczenia ściekami wody ujmowanej. Mikroorganizmy obecne w wodzie wykorzystują do syntezy białek i kwasów nukleinowych różnorodne związki azotowe, w tym jon amonu, czemu niekiedy towarzyszy zmiana stopnia utlenienia azotu.



W pierwszym etapie nitryfikacji uczestniczą bakterie utleniające amoniak (*ammonia oxidizing bacteria*, AOB) wśród których przeważa *Nitrosomonas*, rzadziej *Nitrosococcus* i *Nitrosospira*. Są one rozpowszechnione w środowisku, w tym w systemach dystrybucji wody, także wody poddawanej chloraminowaniu. Mikroorganizmy te utleniają jon amonu do azotynów, które wchodząc w reakcję z chlorem, jak również chloraminą działają jako czynnik powodujący dechloraminację.

W dalszym etapie azotyny utleniane są do azotanów przez bakterie utleniające azotyny (*nitrite oxidizing bacteria*, NOB, *Nitrobacter*).



Reakcje nitryfikacji powodują spadek zasadowości wody (zużycie HCO_3^-), spadek wartości pH (powstawanie kwasu węglowego H_2CO_3), tworzenie się i wzrost stężenia azotanów (NO_3^-) oraz wzrost biomasy ($\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$). Zarówno nitryfikacja częściowa (do azotynów), jak i całkowita (do azotanów) bywa obserwowana w systemach zaopatrzenia w wodę, w których stosowane jest chloraminowanie.

Wpływ zjawiska nitryfikacji na jakość wody i skuteczność procesu jej uzdatniania jest wielokierunkowy i dotyczy wzajemnie powiązanych ze sobą parametrów chemicznych, mikrobiologicznych oraz oceny sensorycznej wody. Zostały one zestawione w tabeli 3.

Tabela 3. Wpływ zjawiska nitryfikacji na jakość wody przeznaczony do spożycia przez ludzi (wg AWWA *Nitrification prevention and control in drinking water*, AWWA Manual M56, 2013)

Zmiany jakości wody	
chemiczne	zmniejszenie stężenia wolnego dezynfektanta powstawanie azotanów / azotynów (możliwy efekt toksyczny) zmniejszenie ilości tlenu rozpuszczonego spadek wartości pH wody i zasadowości nasilenie tworzenia się ubocznych produktów dezynfekcji
mikrobiologiczne	„wzrost ogólnej liczby mikroorganizmów pojawienie się bakterii grupy coli wzrost AOB i NOB”
organoleptyczne	smak, zapach, barwa, mętność

Spadek stężenia wolnego dezynfektanta, do którego dochodzi w wyniku nitryfikacji, może powodować znaczące pogorszenie jakości mikrobiologicznej wody. Dochodzi do niego na etapie dystrybucji, w związku z czym zwykle nie wiąże się on ze skażeniem kałowym wody, jego następstwem może być jednak zjawisko nasilonego wzrostu mikroorganizmów (*microbiological re-growth*) i wzrost ogólnej liczby mikroorganizmów w badaniach wody. Długotrwałe utrzymywanie się powyższych zmian sprzyja narastaniu biofilmu i wynikającym stąd problemom w eksploatacji sieci wodociągowej / spadkom ciśnienia przesyłu, ponadto pogorszeniu smaku i zapachu wody oraz zwiększeniu jej mętności. Ponadto procedury mające zapobiegać nitryfikacji sprzyjają z kolei odrywaniu fragmentów biofilmu i wprowadzaniu ich do przesyłanej wody, przyczyniając się do dalszego pogorszenia jakości mikrobiologicznej wody.

Zmniejszając wartość pH wody, zasadowość i zawartość rozpuszczonego tlenu nitryfikacja wpływa pośrednio na agresywność korozyjną wody, sprzyjając przenikaniu do wody także ołowiu i miedzi z mosiądzu, brązu i miedzi, stosowanych w elementach konstrukcyjnych systemów wodociągowych.

Jednym z głównych niepożądanych następstw nitryfikacji jest możliwy wzrost stężenia azotanów i azotynów w dystrybuowanej wodzie. Wzrost ten ma zróżnicowane nasilenie, jego znacze-

nie jest jednak szczególnie duże w systemach wodociągowych, w których stężenie azotanów i azotynów jest bliskie wartości parametrycznej. Możliwe jest wtedy przekroczenie tej wartości, z którym wiąże się ryzyko działania toksycznego i rozwoju methemoglobinemii, którą zagrożone są niemowlęta do 3 miesiąca życia. Zapobieganie wzrostowi stężenia azotynów i azotanów oraz nie dopuszczenie do pogorszenia się jakości mikrobiologicznej dystrybuowanej wody są głównym powodem, dla którego przywiązuje się dużą wagę do przeciwdziałania nitryfikacji, często poprzez zalecenie utrzymania skrajnie niskich wartości stężeń jonu amonu w wodzie.



VI. WPŁYW STĘŻENIA JONU AMONU W WODZIE NA PARAMETRY ORGANOLEPTYCZNE I AKCEPTOWALNOŚĆ WODY

Próg zapachowy amoniaku rozpuszczonego w wodzie o alkalicznym pH określony został jako 1,5 mg/l. W wodzie o niższej wartości pH większa część amoniaku występuje w formie jonu amonu, w związku z czym można oczekiwać nieznacznie wyższej wartości.

Zmiana smaku wody wywołana zawartością amoniaku odczuwalna jest natomiast przy wyraźnie wyższych stężeniach. Wartość progową określono jako 35 mg/l [WHO].

Większe problemy i zastrzeżenia ze strony konsumentów dotyczące organoleptycznej jakości wody mogą wystąpić w przypadku, gdy woda zawierająca jon amonu jest poddawana chlorowaniu. W wyniku reakcji chloru z jonem amonu dochodzi do powstawania chloramin, charakteryzujących się intensywnym chemicznym zapachem i silnym działaniem drażniącym błony śluzowe. Próg zapachowy dla monochloraminy wynosi 0,65 mg/l, próg smakowy odpowiednio 0,48 mg/l. Wartości te są jeszcze niższe w przypadku di- i trichloraminy, dla których wynoszą ok. 0,2 mg/l.

VII. WPŁYW JONU AMONU W WODZIE NA DEZYNFEKCJĘ WODY CHLOREM

Z powyższym zagadnieniem wiąże się też problem mniejszej skuteczności dezynfekcji chlorem wody o podwyższonej zawartości amoniaku. Wolny chlor w reakcji z amoniakiem powoduje powstawanie chloramin, głównie monochloraminy, która w porównaniu z chlorem wykazuje większą stabilność, ale zarazem w znacznie słabsze i wolniejsze działanie biobójcze. **Sygnalizowano jej wyraźnie słabszy efekt biobójczy w odniesieniu do wielu mikroorganizmów, zwłaszcza wirusów.** Nie zapewnia więc równoważnej chlorowi siły działania biobójczego. Może ona ponadto ulegać rozkładowi w wyniku nitryfikacji, co dodatkowo osłabia jej działanie biobójcze. Jednocześnie wpływa ona wybitnie negatywnie na smak i zapach wody. Pozostałe chloraminy – di – i trichloramina – powstają w warunkach nadmiaru chloru i przy niższych wartościach pH wody, nie zapewniają one jednak stabilnych poziomów, a ich ujemny wpływ na zapach i smak wody jest bardziej nasilony w porównaniu z monochloraminą.

Działanie biobójcze wolnego chloru ulega więc osłabieniu w wyniku reakcji z zawartym w wodzie amoniakiem. Wysokie stężenie amoniaku w wodzie może być jednym z czynników przyczyniających się do narastania biofilmu na wewnętrznych powierzchniach urządzeń wodociągowych. Jon amonu jest bowiem jednym z czynników wzrostowych mikroorganizmów wchodzących w skład biofilmu, a jego usuwanie z wody jest jednym z czynników zintegrowanej strategii przeciwdziałania narastaniu biofilmu.

VIII. ZNACZENIE PODWYŻSZONYCH STĘŻEŃ JONU AMONU W WODZIE PRZEZNACZONEJ DO SPOŻYCIA PRZEZ LUDZI – W ŚWIETLE POSTANOWIEŃ DYREKTYWY RADY 98/83/WE Z DNIA 3 LISTOPADA 1998 R. W SPRAWIE JAKOŚCI WODY PRZEZNACZONEJ DO SPOŻYCIA PRZEZ LUDZI, PRZEPISÓW ROZPORZĄDZENIA MINISTRA ZDROWIA Z DNIA 7 GRUDNIA 2017 R. W SPRAWIE JAKOŚCI WODY PRZEZNACZONEJ DO SPOŻYCIA PRZEZ LUDZI ORAZ ZALECEŃ ŚWIATOWEJ ORGANIZACJI ZDROWIA (WHO)

W dyrektywie Rady 98/83/WE z dnia 3 listopada 1998 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. Urz. UE L Nr 330, str. 32) jon amonu został uwzględniony jako parametr nie mający bezpośredniego znaczenia dla zdrowia (parametry wskaźnikowe – Załącznik I Część C), ale wymagający monitorowania z uwagi na (1) sygnalizowanie wystąpienia nowego zanieczyszczenia wody (wody powierzchniowe), (2) kontrolę skuteczności procesu uzdatniania wody, (3) wpływ na jakość wody w systemie dystrybucji (nityfikacja, jakość mikrobiologiczna wody, biofilm), (4) pośredni wpływ na skuteczność dezynfekcji wody, (5) wpływ na parametry organoleptyczne wody. Jako wartość parametryczną przyjęto 0,50 mg/l, co pozwalało utrzymać zadowalającą kontrolę nad wymienionymi wyżej zjawiskami niepożądanymi, w tym zapobiec zmianom organoleptycznej jakości wody. Analogiczną wartość przyjęła większość państw członkowskich w swoich przepisach krajowych, kilka z nich jednak zdecydowało się na jej zaostrzenie:

- Francja – wartość parametryczna 0,10 mg/l; dodatkowo na zaopatrzenie ludności nie może być wykorzystywana woda o stężeniu jonu amonu przekraczającym 4,0 mg/l (w wodzie surowej),
- Irlandia – wartość parametryczna 0,30 mg/l,
- Dania – wartość parametryczna 0,05 mg/l. Za dopuszczalne uznano wartości do 0,5 mg/l, pod warunkiem, że woda nie jest poddawana filtracji, a ponadto wykazano, że nie zachodzi konwersja amoniaku do azotynów.

Ograniczenia powyższe podyktowane były przede wszystkim potrzebą zapobiegania nityfikacji w systemach dystrybucji wody. Są one zgodne z zaleceniami niektórych organizacji eksperckich, zgodnie z którymi stężenie amoniaku w wodzie przeznaczonej do spożycia nie powinno przekraczać 0,10 mg/l, a optymalnie 0,05 mg/l (US EPA, AWWA).

Jon amonu zaliczany jest do parametrów grupy A jedynie w przypadku, gdy stosowane jest chloraminowanie wody (oznaczenia wymagają wtedy także azotyny). W pozostałych przypadkach amoniak traktowany jest jak parametr grupy B, w przypadku której częstość badania jest wielokrotnie mniejsza.

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. 2017 r., poz. 2294) implementując dyrektywę Rady 98/83/WE z dnia 3 listopada 1998 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi zawiera następujące regulacje dotyczące jonu amonu:

- jon amonu należy do parametrów podlegających monitorowaniu; jako wartość parametryczną przyjęto 0,50 mg/l,
- jest zaliczany do parametrów nie mających bezpośredniego znaczenia dla bezpieczeństwa wody dla zdrowia ludzi (zamieszczony w załączniku nr 1 do rozporządzenia, część C, tabela 2),
- częstotliwość pobierania próbek zgodna z wymaganiami dla parametrów grupy A jest wymagana tylko w przypadku chloraminowania wody, w pozostałych przypadkach – jak dla parametrów grupy B.

Specjaliści WHO oraz Europejskiej Agencji ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) zgodnie uznali, że amoniak jako naturalny element przemian metabolicznych białek i kwasów nukleinowych występuje w organizmie człowieka w ilościach wielokrotnie większych, niż przyjmowane z żywnością i wodą do picia (ok. 18 mg/d). Podlega on szybkiemu metabolizmowi w wątrobie i wydaleniu przez nerki, co zapewnia ochronę przed działaniem toksycznym znacznych jego ilości, przy których dawka wynikająca ze spożycia wody ma znikome znaczenie, nawet gdy osiąga wysokie wartości (kilka mg/l). Dane z badań doświadczalnych na zwierzętach oraz z praktyki klinicznej wskazują na niską toksyczność amoniaku podawanego w formie soli drogą doustną dzięki sprawności mechanizmów jego detoksykacji. Eksperci WHO wykazali, że ryzyko ich wysycenia i ujawnienia się działania toksycznego amoniaku w przypadku jego spożycia doustnego mogłoby dotyczyć dobowego spożycia przekraczającego 200 mg/kg masy ciała, co w warunkach naturalnych nie jest możliwe. W praktyce toksyczne działanie amoniaku może ujawniać się wyłącznie w rzadkich przypadkach genetycznie uwarunkowanych zaburzeń cyklu mocznikowego (niedobór uczestniczących w nim enzymów) oraz w zaawansowanej, schyłkowej niewydolności wątroby i nerek. Dane dotyczące szkodliwego wpływ amoniaku na stan zdrowia ludzi odnoszą się przede wszystkim do wziewnej drogi narażenia i wynikają z jego miejscowego działania drażniącego i żrącego. Nie potwierdzono też działania rakotwórczego, genotoksycznego, mutagennego ani teratogennego amoniaku.

Powyższe dane wskazują, że stężenia jonu amonu występujące w wodzie do picia nie stwarzają zagrożenia dla zdrowia ludzi. Stosownie do tego, eksperci WHO nie uznali za celowe określanie wartości stężenia jonu amonu w wodzie z uwagi na jej bezpieczeństwo dla zdrowia. Z kolei eksperci EFSA, w badaniu oceniającym ryzyko wynikające z przenikania do wody do picia amoniaku/jonu amonu z przeznaczonych do użytku domowego filtrów do poprawy jakości wody uznali, że stwierdzane w podczyszczanej w ten sposób wodzie stężenia sięgające 5,0 mg/l nie wpływają szkodliwie na zdrowie ludzi, także u najbardziej wrażliwych na efekt toksyczny grup populacji.

PODSUMOWANIE

- Amoniak jest substancją będącą naturalnym produktem przemian metabolicznych w organizmie, wytwarzanym endogennie w ilościach wielokrotnie przewyższających dawkę przyjmowaną wraz z żywnością i wodą do picia. Ulega on szybkiemu metabolizowaniu i detoksykacji w wątrobie, a następnie wydaleniu przez nerki z moczem. Mechanizmy te chronią organizm przed toksycznością wytwarzanego w nim amoniaku, przy których ilości dostarczane wraz z wodą do picia i żywnością są znikome. Nie stwarzają one tym samym bezpośrednio zagrożenia dla zdrowia ludzi, także wtedy, gdy zawartość jonu amonu w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi znacznie przekracza wartość parametryczną.
- Większość danych dotyczących szkodliwego wpływu amoniaku na zdrowie ludzi dotyczy narażenia drogą wziewną i dotyczy następstw jego miejscowego działania drażniącego i żrącego w przypadku ekspozycji na jego wysokie stężenia w powietrzu. Toksyczne działanie amoniaku bywa obserwowane w rzadkich przypadkach genetycznie uwarunkowanych zaburzeń cyklu mocznikowego (zmniejszenie lub brak aktywności enzymów, katalizujących reakcje wiązania amoniaku w formie mocznika) lub w zaawansowanym stadium niewydolności wątroby i nerek. Brak podstaw do przyjęcia, że jon amonu zawarty w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi może wpływać szkodliwie na stan zdrowia ludzi.
- Jon amonu w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi może pochodzić z przenikających do ujęcia zanieczyszczeń antropogennych (głównie ujęć powierzchniowych oraz pozostających w zasięgu ich oddziaływania ujęć podziemnych) albo z utworów geologicznych (ujęcia podziemne izolowane od wpływu wód powierzchniowych). Źródłem zagrożeń może być pierwsza z wymienionych sytuacji, kiedy zanieczyszczenia wody (ścieki, nawozy naturalne i sztuczne, sphywy wód opadowych i odcieki ze składowisk odpadów) powodują skażenie mikrobiologiczne wody lub przenikanie do niej toksycznych substancji chemicznych. Jon amonu nie jest tu powodem zagrożenia, ale je sygnalizuje. Sytuacja taka wymaga szybkiej reakcji w celu zapewnieniu bezpieczeństwa wody dla zdrowia. Jon amonu pochodzący z utworów geologicznych nie wiąże się z takimi zagrożeniami, stąd jego umiarkowane podwyższone stężenia przy regularnej kontroli jakości wody mogą być akceptowane przez określony czas, w ramach warunkowej przydatności wody do spożycia. **Stężenia jonu amonu w takiej sytuacji zasadniczo nie powinny przekraczać 1,5 mg/l.**

- **Niezależnie od źródła jonu amonu w wodzie, jego podwyższone stężenia mogą niekorzystnie wpływać na jakość wody w sieci wodociągowej poprzez zjawisko nitryfikacji i jej następstwa (wzrost stężenia azotynów i azotanów, spadek pH, pogorszenie jakości mikrobiologicznej wody), zmniejszenie skuteczności dezynfekcji wody, niekorzystny wpływ na jakość organoleptyczną wody.** Wartość parametryczna jonu amonu w wodzie przeznaczony do spożycia ma zapobiegać powyższym zmianom i z tego powodu powinna być dotrzymana, pożądane (nie wymagane) może być jej utrzymanie na niższym poziomie.
- Działania naprawcze umożliwiające uzyskanie wymaganych stężeń jonu amonu w wodzie przeznaczony do spożycia mogą wymagać inwestycji, realizowanych przez kilkanaście miesięcy do kilku lat. Czas trwania warunkowej przydatności wody do spożycia powinien umożliwić ich przeprowadzenie, nie powinien jednak być przedłużany ponad potrzebę. Powinien być on określany indywidualnie w odniesieniu do poszczególnych systemów zaopatrzenia w wodę, na podstawie przedstawionej przez podmiot realizujący zaopatrzenie w wodę informacji o planowanych działaniach naprawczych, stwierdzanych wartościach stężeń jonu amonowego w wodzie oraz wynikach badań kontrolnych wody odnoszących się do wpływu jonu amonu na jakość wody w systemie dystrybucji. Optymalnie powinny być one przeprowadzone w czasie ok. 5 lat, w uzasadnionych przypadkach czas ten może ulec wydłużeniu, o ile nie wiąże się to z innymi niekorzystnymi zmianami jakości wody.



ZAŁĄCZNIKI

W załącznikach do niniejszego opracowania zawarto propozycje działań oraz komunikatów w przypadku stwierdzenia w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi przekroczeń wartości parametrycznej dla jonu amonu.

Należy jednakże podkreślić, że ewentualne podjęcie działań zgodnie z propozycjami zawartymi w niniejszym opracowaniu, w przypadku stwierdzenia przekroczenia w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi wartości parametrycznej dla jonu amonu **każdorazowo wymaga uzgodnienia z właściwym państwowym inspektorem sanitarnym.**

PRZEKROCZENIE WARTOŚCI PARAMETRYCZNEJ JONU AMONU W WODZIE PRZEZNACZONEJ DO SPOŻYCIA PRZEZ LUDZI – ZASADY POSTĘPOWANIA

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi w przypadku przekroczenia wartości parametrycznej parametrów wskaźnikowych przewiduje możliwość stwierdzenia przez właściwego państwowego inspektora sanitarnego warunkowej przydatności wody do spożycia i utrzymania zaopatrzenia w wodę przy dopełnieniu następujących czynności:

- określeniu terminu trwania przekroczenia i dopuszczalnych wartości parametrycznych w tym czasie,
- ustaleniu z podmiotem realizującym zaopatrzenie w wodę zakresu i terminu realizacji działań naprawczych, mających na celu przywrócenie należytej jakości wody, poinformowaniu właściwego wójta (burmistrza, prezydenta miasta) o stwierdzeniu warunkowej przydatności wody do spożycia wydanych zaleceniach dotyczących korzystania z wody lub ograniczeniach, jakim to korzystanie powinno podlegać.

Wójt (burmistrz, prezydent miasta) informuje mieszkańców o jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, do jego zadań należy m.in. rozpowszechnianie komunikatów opracowywanych przez właściwego państwowego powiatowego lub państwowego granicznego inspektora sanitarnego, zawierających informacje o jakości wody w przypadku m.in. stwierdzenia warunkowej przydatności wody do spożycia wraz z informacją o zaleceniach i ewentualnych ograniczeniach jej wykorzystania.

Komunikaty rozpowszechniane są w sposób umożliwiający bezzwłoczne zapoznanie się z nimi przez konsumentów z obszaru, dla którego wydano komunikat.

Warunkową przydatność wody do spożycia należy stwierdzać w przypadku, gdy przyjęte działania naprawcze – w celu przywrócenia należytej jakości dostarczanej wody – **nie są wystarczające** do osiągnięcia wartości parametrycznych, określonych dla tych parametrów w rozporządzeniu Ministra Zdrowia, **w terminie 30 dni liczonych od dnia otrzymania sprawozdania z badań**. Należy jednocześnie nadmienić, iż **w uzasadnionych przypadkach, po uzyskaniu**

zgody właściwego państwowego inspektora sanitarnego, termin ten może zostać wydłużony do 60 dni. Jest to termin pozwalający na prowadzenie działań naprawczych, wykonanie kolejnych badań jakości wody. Dopiero w przypadku braku w ww. terminie doprowadzenia wody do należytej jakości właściwy państwowy inspektor sanitarny stwierdza warunkową przydatność wody do spożycia, określając termin trwania przekroczenia oraz dopuszczalną wartość parametryczną, jaką w tym czasie może osiągać dany parametr.

Powyższa regulacja ma oczywiście zastosowanie **tylko w przypadku uznania przez właściwego państwowego inspektora sanitarnego, że stwierdzona niezgodność nie stwarza zagrożenia dla zdrowia, tj. w sytuacji gdy wartość przekroczenia pozwala na zachowanie bezpieczeństwa zdrowotnego konsumentów, a ich dopuszczalność została potwierdzona w aktualnych opracowaniach naukowych.**

Stwierdzenie podwyższonej wartości stężenia jonu amonu w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi wymaga przede wszystkim ustalenia, czy nie wiąże się z nim potencjalne zagrożenie dla zdrowia ludzi. Warunkowa przydatność wody do spożycia może być stwierdzona wyłącznie po wykluczeniu takiej możliwości. Jak wyjaśniono wyżej, zagrożenia takiego nie stwarzają bezpośrednio podwyższone stężenia jonu amonu zawarte w wodzie, mogą one natomiast sygnalizować tego rodzaju ryzyko, gdy ich powodem jest dopływ zanieczyszczeń do ujmowanej wody, w tym ścieków różnego pochodzenia, spływ wód opadowych, spływ z terenów upraw rolnych, odcieków ze składowisk odpadów itd. – wszelkiego rodzaju zanieczyszczeń, wraz z którymi do wody poza jonem amonu mogą przenikać mikroorganizmy, nawozy naturalne i sztuczne, pestycydy, odpady przemysłowe, toksyczne substancje chemiczne. Sytuacje takie dotyczą przede wszystkim ujęć wód powierzchniowych, ale także płytkich ujęć wód podziemnych, pozostających w zasięgu oddziaływania wód powierzchniowych i wymagają bezwzględnie wykluczenia skażenia kałowego wody. W głębokich ujęciach wód podziemnych, izolowanych przez nieprzepuszczalne warstwy geologiczne od wód i zanieczyszczeń mogących spływać z powierzchni ziemi podwyższona zawartość jonu amonu ma naturalne pochodzenie geogeniczne i nie towarzyszy jej ryzyko zanieczyszczeń mikrobiologicznych i chemicznych wody. Podstawowe znaczenie w ocenie ewentualnego zagrożenia dla zdrowia, mogącego wiązać się z podwyższonym stężeniem jonu amonu ma rodzaj ujęcia i ocena możliwości przenikania do wody zanieczyszczeń z wymienionych wyżej źródeł.

Zagrożenie dla zdrowia ludzi, do którego pośrednio może przyczyniać się podwyższone stężenie jonu amonu w wodzie może także wynikać z wymienionych uprzednio niepożądanych zmian

jakości wody w trakcie jej uzdatniania, dezynfekcji lub dystrybucji, które podwyższone stężenia jonu amonu umożliwiają lub nasilają, w tym zmniejszenie skuteczności dezynfekcji wody chlorem, powstawanie chloramin, proces nityfikacji itd. Istotne jest też:

- czy podwyższone wartości stężeń jonu amonu w wodzie mają charakter trwały, czy pojawiają się sporadycznie lub okresowo,
- jak stabilne są stwierdzane wartości,
- czy sposób uzdatniania wody obejmuje eliminację jonu amonu.

W ocenie pomocna jest:

- ocena hydrogeologiczna ujęcia wody (ujęcia podziemne), w szczególności możliwość przenikania zanieczyszczeń do warstw wodonośnych,
- informacja dotycząca ustanowienia strefy ochronnej ujęcia wody obejmującej teren ochrony bezpośredniej i teren ochrony pośredniej oraz wykorzystania gruntów w jego sąsiedztwie, z uwzględnieniem możliwych źródeł zanieczyszczenia wód jonem amonu lub analizy ryzyka wskazującej na brak konieczności ustanawiania dla danego ujęcia wody strefy ochronnej obejmującej teren ochrony pośredniej,
- dane objęte oceną ryzyka, o ile została ona przeprowadzona, wskazujące na możliwość zewnętrznych i antropogennych źródeł zanieczyszczenia wody jonem amonu,
- wynik badania wody wprowadzanej do sieci (jeśli woda jest uzdatniana, także wody ujmowanej), wody w sieci, w punkcie zgodności oraz ewentualnie w punkcie czerpalcym u konsumenta mogący wskazywać na występowanie przekroczeń lub nieprawidłowości w odniesieniu do innych parametrów:
 - **E. coli, enterokoki, bakterie grupy coli, ogólna liczba mikroorganizmów w 22°C**, – badania te mają kluczowe znaczenie w wodzie z ujęć powierzchniowych i z ujęć podziemnych pozostających w zasięgu oddziaływania wód powierzchniowych, w przypadku nagłego wzrostu wartości stężeń jonu amonu, zwłaszcza jeśli towarzyszy im wzrost mętności wody. W takiej sytuacji istotne jest zwłaszcza wykluczenie skażenia kałowego wody,
 - **zapach** – ustalenie, czy próg zapachowy amoniaku jest przekroczony i w jakim stopniu; wpływ na akceptowalność wody,
 - **smak** – ocena akceptowalności wody,
 - **barwa** – wpływ ewentualnych innych zanieczyszczeń i zmiana w porównaniu z wcześniejszymi oznaczeniami,

- **mętność** – bardzo istotna w ocenie doływu zanieczyszczeń od ujmowanych wód powierzchniowych i skuteczności ich uzdatniania. Podwyższone wartości w wodzie podawanej do sieci wskazują na niepełną skuteczność uzdatniania wody, a w połączeniu z podwyższonym stężeniem jonu amonu sygnalizują ryzyko zanieczyszczenia mikrobiologicznego wody. Podstawowe znaczenie ma zmienność stwierdzanej wartości i różnica w porównaniu z wcześniejszymi oznaczeniami. W wodach podziemnych, w których poza jonem amonu występują też podwyższone wartości stężeń żelaza i manganu, mętność wody może być spowodowana obecnością substancji mineralnych i w takim przypadku nie wskazuje na ryzyko dla zdrowia,
- **ogólny węgiel organiczny (OWO)** – ocena zawartości substancji organicznych w wodzie, która w razie gwałtownego wzrostu może świadczyć o doływie zanieczyszczeń, także ścieków,
- **pH** – wyraźne, szybkie zmiany wartości pH mogą wskazywać na doływ zanieczyszczeń do ujęcia,
- **żelazo i mangan** – ocena istotna w wodzie z ujęć podziemnych. Częste składniki utworów geologicznych, z których może być także uwalniany jon amonu wraz z nimi przenikający do wody. Podwyższone stężenie obu parametrów sugeruje geogenne źródło jonu amonu w wodzie z ujęć podziemnych,
- **chlorki** – mogą wskazywać na antropogenne zanieczyszczenie wody jako źródło podwyższonych stężeń jonu amonu,
- **azotany i azotyny** – w kontekście oceny zagrożenia nitryfikacją.

UWAGA: Powyższy zakres badań zalecany jest w celu wykluczenia zagrożeń dla zdrowia ludzi w przypadku podwyższonych stężeń jonu amonu w wodzie i jest pomocny przy stwierdzaniu warunkowej przydatności wody do spożycia przez ludzi.

Istotne jest także uwzględnienie:

- wpływu podwyższonych stężeń jonu amonu na zapach wody,
- nasilenia nitryfikacji i wpływ na stężenie azotynów i azotanów w wodzie w punkcie zgodności,
- jakości mikrobiologicznej wody w systemie dystrybucji – uwaga na wyniki badań sygnalizujące jej pogorszenie,
- informacji o skargach zgłaszanych przez konsumentów na jakość wody – liczba skarg i ich przedmiot.

W wodach powierzchniowych zanieczyszczenia antropogenne, mogące prowadzić do podwyższonych stężeń jonu amonu są częste, jednak ich nasilenie może ulegać zmianie, co musi uwzględniać proces uzdatniania wody. W większości takich sytuacji podwyższone stężenie jonu amonu w wodzie sygnalizuje obecność zanieczyszczeń mikrobiologicznych i/lub chemicznych, mogących zagrażać zdrowiu ludzi, ze skażeniem kałowym wody włącznie, i wymagających niezwłocznych działań naprawczych. Należy wtedy kierować się względami bezpieczeństwa wody dla zdrowia i przyjąć odpowiedni do tego sposób postępowania, ukierunkowany na pilne przywrócenie bezpieczeństwa i odpowiedniej jakości wody, co jedynie pośrednio dotyczy wartości stężeń jonu amonu. Wykluczenia i zwalczania wymaga w takich sytuacjach dopływ zanieczyszczeń/ścieków do ujęcia wody, w tym przede wszystkim wyeliminowanie ryzyka skażenia kałowego wody lub – jeśli do niego doszło –ograniczenie / usunięcie jego następstw. Wątpliwości co do właściwego postępowania mogą nasuwać przypadki stwierdzenia w badaniach wody z tego rodzaju ujęć podwyższonych stężeń jonu amonu i ewentualnie wzrost zapachu, którym nie towarzyszą inne nieprawidłowości, zwłaszcza mogące sugerować skażenie mikrobiologiczne wody, jak wzrost ogólnego węgla organicznego (OWO) i mętności wody, zanim dostępne będą wyniki badań mikrobiologicznych wody. Podstawowe znaczenie ma w takich przypadkach ponowne oznaczenie jonu amonu w wodzie ujmowanej, wprowadzanej do sieci, wodzie w systemie dystrybucji i w punkcie zgodności oraz ewentualnie w punkcie czerpalnym u konsumenta. Ponadto wykonanie badań wody obejmujących następujące parametry: *E. coli*, enterokoki, bakterie grupy coli, ogólna liczba mikroorganizmów w 22°C chlor wolny, mętność, ogólny węgiel organiczny (OWO), zapach, smak, barwa, pH, azotany i azotyny, chlorki; w przypadku ujęć infiltracyjnych także żelazo i mangan. Celem powyższych badań jest wykluczenie skażenia mikrobiologicznego wody, ocena zmian wywołanych nitryfikacją w sieci wodociągowej, a ponadto ocena jakości organoleptycznej wody i jej akceptowalności przez konsumentów.

Należy podkreślić duże znaczenie badania powyższych parametrów w próbkach wody pobranych w punktach zgodności. Dostarczają one informacji o ewentualnych zmianach poszczególnych parametrów w trakcie dystrybucji wody, a przede wszystkim o jakości wody dostarczanej konsumentom, pozwalając na weryfikację dokonywanej przez nich ich sensorycznej oceny jakości wody.

W wodzie z ujęć podziemnych w przypadku wykluczenia na podstawie wymienionych wyżej badań zanieczyszczenia o charakterze antropogennym i potwierdzenia geogenicznego pochodzenia podwyższonych stężeń jonu amonu możliwe jest stwierdzenie warunkowej przydatności wody do spożycia i kontynuowanie zaopatrzenia w wodę przez czas potrzebny do działań umożli-

wiających uzyskanie odpowiedniej jakości wody, zgodnej z wymaganiami prawnymi. **Wymaga to określenia terminu trwania przekroczenia i dopuszczalnych wartości parametrycznych w tym czasie. Podstawą powyższych decyzji są wymienione wyżej dane dotyczące jakości wody, w tym zwłaszcza stężenie jonu amonu, pozostałe wymienione wyżej wyniki badań wody oraz ogólna sytuacja rozpatrywanego systemu zaopatrzenia w wodę:** dane dotyczące jakości wody wprowadzanej do sieci wodociągowej, wody w systemie dystrybucji i w punkcie zgodności. Podstawowe znaczenie mają wyniki oznaczenia jonu amonu w wodzie – stopień przekroczenia wartości parametrycznej i stabilność stężeń w trakcie dystrybucji wody. Dopuszczalną wartość parametryczną na czas trwania warunkowej przydatności wody do spożycia należy określać na poziomie możliwie jak najniższym, lecz jednocześnie nie stwarzającym ryzyka przekroczenia w razie niewielkich wahań stężenia jonu amonu – zwykle oznacza to wartość o 10-25% wyższą niż aktualnie stwierdzane w wodzie poziomy. Wartości akceptowane podczas warunkowej przydatności wody do spożycia powinny być ustalone na poziomie, który w świetle tych danych nie będzie wpływał negatywnie na akceptowalność wody, także w przypadku jej chlorowania, jak również nie będzie prowadził do szkodliwych dla zdrowia skutków nitryfikacji.

Z uwagi na możliwą zmienność w czasie stężeń jonu amonu w wodzie ujmowanej, która dotyczy także wód z ujęć podziemnych, w określaniu dopuszczalnej wartości parametrycznej na czas trwania warunkowej przydatności wody do spożycia pożądane jest uwzględnienie ewentualnej zmienności i wahań stężeń jonu amonu w kolejnych oznaczeniach, o ile tylko tego rodzaju dane z przeszłości są dostępne. Jeśli w rozpatrywanym systemie zaopatrzenia w wodę podwyższone stężenie jonu amonu stwierdzano od dłuższego czasu, niekiedy kilkunastu miesięcy lub kilku lat, analiza odnotowanych w tym czasie wartości stężeń i znajomość skali / zakresu ich wahań będzie pomocna w trafnym ustaleniu dopuszczalnej wartości parametrycznej. Dotyczy to jednak tylko tych sytuacji, w których dane tego rodzaju są dostępne, nie chodzi natomiast o wykonywanie serii kolejnych badań wody i zwlekanie z tego powodu ze stwierdzeniem warunkowej przydatności wody do spożycia.

Spośród pozostałych wymienionych wyżej parametrów należy zwrócić szczególną uwagę na (1) wskaźniki organoleptyczne wody – zapach i smak, jako szczególne istotne dla konsumentów i akceptowalności wody; (2) azotyny i azotany – informujące o skali / nasileniu nitryfikacji zachodzącej w systemie dystrybucji wody i mogącym stąd wynikać zagrożeniu dla zdrowia ludzi.

Przy określaniu dopuszczalnej wartości parametrycznej, a w szczególności czasu jej trwania należy ocenić możliwości techniczne i organizacyjne przeprowadzenia działań przywracających

odpowiednią jakość wody przez podmiot realizujący zaopatrzenie w wodę, skalę związanych z tym niedogodności dla lokalnych mieszkańców oraz obiektów przemysłowych w szczególności przemysłu spożywczego, instytucji i obiektów użyteczności publicznej, zlokalizowanych na terenie zaopatrywanym w wodę z danego wodociągu. Jakkolwiek podwyższone stężenie jonu amonu w wodzie może być powodem trudności lub krytycznej oceny jakości wody przez konsumentów, działania naprawcze, z którymi najczęściej wiąże się konieczność modernizacji ujęcia wody wymagają odpowiednio długiego czasu.

Dopuszczalna wartość parametryczna jonu amonu na czas warunkowej przydatności wody do spożycia może niekiedy ulegać przekroczeniu, głównie na skutek wzrostu stężenia w wodzie ujmowanej. Należy w takim przypadku powtórzyć oznaczenie w celu wykluczenia nieścisłości laboratoryjnej, nawet 2-3 razy – jeśli kolejne oznaczenia wykazują spadek wartości, ale nadal przekraczają dopuszczalną wartość parametryczną. Jeśli jednak wzrost wartości stężeń ma charakter trwały, należy przeprowadzić ocenę o zakresie analogicznym, jak przy stwierdzaniu warunkowej przydatności wody do spożycia (z dopuszczalnym pominięciem parametrów, co do których jest pewność, że nie będą budziły zastrzeżeń) – w celu ustalenia, czy w nowej sytuacji nie zachodzi obawa o szkodliwość wody dla zdrowia ludzi, czy warunkowa przydatność wody do spożycia może być utrzymana / przedłużona, przy jakiej dopuszczalnej wartości parametrycznej jonu amonu i na jak długi czas. Ponownie należy ocenić stwierdzaną aktualnie wartość stężenia jonu amonu, stopień wzrostu i stopień przekroczenia wartości parametrycznej, czas, w jakim nastąpił wzrost stężeń jonu amonu w wodzie (od poprzedniego pomiaru). Konieczne jest też ustalenie, czy wzrost stężenia jonu amonu nie wynika z dopływu ścieków bytowych lub przemysłowych, z którymi może wiązać się obecność w wodzie zanieczyszczeń mikrobiologicznych i substancji toksycznych. Należy także ocenić wpływ wyższych stężeń jonu amonu na jakość wody w systemie dystrybucji, wskaźniki organoleptyczne wody, skuteczność dezynfekcji wody (jeśli jest stosowana) oraz zmiany wywołane nitryfikacją. Jeśli analiza ta wykaże, że bezpieczeństwo wody dla zdrowia ludzi nie jest zagrożone, podwyższone stężenia jonu amonu w wodzie nie wpływają negatywnie na jakość wody w sieci, nie zagrażają nasileniem nitryfikacji oraz nie powodują nieakceptowanych przez konsumentów zmian organoleptycznych wody, możliwe jest utrzymanie warunkowej przydatności wody do spożycia przy ustaleniu nowej, wyższej dopuszczalnej wartości parametrycznej jonu amonu. Dodatkowymi konsekwencjami mogą być – zależnie od stopnia wzrostu stężenia jonu amonu w wodzie – zwiększenie częstości badań jakości wody (jonu amonu, zapachu, smaku, azotanów i azotynów) i/lub krótszy czas jej trwania.

Woda przeznaczona do spożycia zawierająca jon amonu **w stężeniu > 0,50 – 1,0 mg/l** zazwyczaj może być uznana za warunkowo przydatną do spożycia jeśli:

- potwierdzono pochodzenie jonu amonu w wodzie z utworów geologicznych,
- nie towarzyszą mu inne zanieczyszczenia mogące wpływać szkodliwie na stan zdrowia ludzi, zwłaszcza skażenie mikrobiologiczne lub substancje organiczne. Dopuszczalne są podwyższone stężenia żelaza i manganu pochodzenia geogenicznego, o ile nie naruszają one przewidzianych dla nich ograniczeń, w szczególności nie powodują znacznego wzrostu barwy i mętności wody oraz nie zmieniają jej smaku,
- woda nie wymaga chlorowania,
- nie dochodzi do istotnego wzrostu stężenia azotynów w wodzie w systemie dystrybucji, a stężenia azotynów i azotanów w punkcie zgodności nie przekraczają wartości parametrycznych,
- jakość mikrobiologiczna wody nie budzi zastrzeżeń, także w punkcie zgodności.

Stężenia jonu amonu w wodzie przeznaczonej do spożycia przekraczające wartość parametryczną są niekorzystne, także gdy nie stwarzają zagrożenia dla zdrowia ludzi, z uwagi na związane z nimi niepożądane zmiany jakości wody w sieci dystrybucji. Stąd też należy zabiegać, aby czas trwania warunkowej przydatności wody do spożycia był ściśle ograniczony do wymaganego w celu przeprowadzenia działań korygujących jakość wody. Optymalnie w większości takich przypadków czas ten nie powinien przekraczać 5-7 lat.

Warunkowa przydatność wody do spożycia może być także stwierdzona gdy stężenia jonu amonu w wodzie są wyższe i mieszczą się w **granicach > 1,0 – 1,5 mg/l**, o ile spełnione są wymienione wyżej warunki. W takim przypadku należy jednak dążyć do przeprowadzenia działań naprawczych w krótszym czasie, najlepiej nie dłuższym niż 3-5 lat.

Najbardziej problematyczne są wartości stężeń jonu amonu przekraczające 1,5 mg/l. Wiąże się z tym pogorszenie oceny organoleptycznej wody (przekroczenie progu zapachu) oraz zagrożenie nasileniem nitryfikacji w systemie dystrybucji wody, w związku z czym czas trwania warunkowej przydatności wody w tych warunkach powinien być możliwie jak najkrótszy.

Tabela 4. Zakres stężeń jonu amonu w wodzie przeznaczonej do spożycia a czas warunkowej przydatności wody do spożycia

Zakres stężeń jonu amonu w wodzie przeznaczonej do spożycia	Wpływ na wskaźniki organoleptyczne wody (zapach)	Akceptowalny maksymalny czas warunkowej przydatności wody do spożycia
>0,5-1,0 mg/l	uchwytny w badaniach laboratoryjnych	5 (7) lat
>1,0 mg/l – 1,5 mg/l	nikły lub słabo wyrażony,	3 (5) lat
>1,5 mg/l	słaby do wyraźnego	kilkanaście miesięcy do 2 lat; jak najkrótszy

Ustalając czas, na jaki stwierdzana jest warunkowa przydatność wody do spożycia należy kierować się m. in. przedstawionym przez podmiot realizujący zaopatrzenie w wodę planem działań naprawczych i przewidywany termin ich zakończenia. Podane wyżej wartości odnoszą się do maksymalnego czasu warunkowej przydatności wody do spożycia, tak, aby istniała możliwość jego wydłużenia w sytuacji, gdy działania naprawcze nie zostaną zakończone w przewidzianym pierwotnie terminie lub gdy okażą się nieskuteczne. Wartości te należy traktować jako orientacyjne i pozwalające na dostosowanie wymagań związanych ze stwierdzeniem warunkowej przydatności wody do spożycia do specyficznej sytuacji danego wodociągu, w tym do:

- stopnia przekroczenia wartości parametrycznej jonu amonu w wodzie i ewentualnie innych parametrów jakości wody, szczególnie mogących mieć wpływ na bezpieczeństwo zdrowotne wody (nitryfikacja, zakłócenie dezynfekcji wody) oraz jej akceptowalność przez konsumentów,
- zakresu wahań stwierdzanych stężeń jonu amonu w wodzie, szczególnie ich tendencji wzrostowej w kolejnych badaniach wody w trakcie warunkowej przydatności do spożycia,
- wielkości dobowej produkcji wody i liczebności zaopatrywanej populacji (im jest większa, tym krótszy powinien być czas trwania działań naprawczych),
- stanu technicznego wodociągu oraz liczby i częstości awarii (im większe techniczne zużycie urządzeń i większa częstość awarii, tym krócej powinny utrzymywać się podwyższone stężenia jonu amonu),
- specyfiki zakładów przemysłowych i usługowych oraz instytucji i obiektów znajdujących się na zaopatrywanym w wodę terenie i znaczeniu powyższych zmian w jakości wody dla ich funkcjonowania, podobnie jak ewentualnych konsekwencji stwierdzenia braku przydatno-

ści wody do spożycia w razie nieskutecznych działań naprawczych lub ich niezrealizowania w przewidzianym (maksymalnym terminie).

Po stwierdzeniu warunkowej przydatności wody do spożycia niezbędne jest zwiększenie częstości kontroli stężenia jonu amonu w wodzie oraz parametrów jakości wody, na które może on wpływać, w tym ogólnej liczby mikroorganizmów w 22°C, pH, zapachu, smaku, mętności, azotynów i azotanów; w razie podwyższonych stężeń żelaza i/lub manganu w wodzie ujmowanej badania powinny obejmować także powyższe metale. W odróżnieniu od badań zalecanych w celu możliwości stwierdzenia warunkowej przydatności wody do spożycia, zakres dodatkowych badań w czasie jej obowiązywania może być ograniczony do powyższych parametrów.

W przypadku jonu amonu przenikającego do wody z utworów geologicznych wartości te zwykle są dość stabilne, mogą jednak ulegać zmianie w wyniku zachodzących w sąsiedztwie ujęcia zmian wywołanych jego eksploatacją, zwłaszcza nadmierną. Częstotliwość badań wody oraz ich zakres powinny też uwzględniać wiek i stan techniczny urządzeń wodociągowych, materiały konstrukcyjne stosowane w sieci wodociągowej.

Potrzeba zwiększenia częstości badań istnieje przede wszystkim w przypadku najmniejszych wodociągów, produkujących do 100 m³ wody w ciągu doby, w których badania wody wykonywane są najrzadziej. Proponowana minimalna częstość badań wody przedstawiona jest w poniższej tabeli:

Tabela 5. Częstotliwość pobierania próbek wody do badań w przypadku podwyższonych stężeń jonu amonu w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi

Stężenie jonu amonu w wodzie	Częstotliwość pobierania próbek wody do badań liczba próbek/rok				
	≤100 m ³ /d	>100 ≤ 1000 m ³ /d	>1000 ≤ 10 000 m ³ /d	10 000 ≤ 100 000 m ³ /d	>100 000
>0,5 ≤1,0 mg/l	nie rzadziej niż 2	2	3-5	7-16	min. 21
>1,0 ≤1,5 mg/l	3	4	5-9	10-21	min. 28
>1,5 mg/l	4	6	7-11	12-28	min.35

Nawet gdy stwierdzone stężenia jonu amonu w wodzie w niewielkim stopniu przekraczają wartość parametryczną i nie stwarzają zagrożenia dla zdrowia ludzi, celowe jest zabieganie o ich

obniżenie do wymaganych poziomów, aby zminimalizować ryzyko niepożądanych zmian jakości wody i zapewnić akceptowalność wody przez konsumentów. Przy stwierdzaniu warunkowej przydatności wody do spożycia należy także mieć na uwadze następstwa takiej decyzji dla lokalnej społeczności i znajdujących się na zaopatrywanym w wodę terenie obiektów użyteczności publicznej oraz dostępność ewentualnych alternatywnych źródeł zaopatrzenia w wodę.

Działania naprawcze umożliwiające uzyskanie wymaganych stężeń amoniaku w wodzie przeznaczonej do spożycia mogą wymagać inwestycji, realizowanych przez kilkanaście miesięcy do kilku lat. Czas trwania warunkowej przydatności wody do spożycia ma umożliwić ich przeprowadzenie, nie powinien jednak być przedłużany ponad potrzebę. Sytuacja poszczególnych systemów zaopatrzenia w wodę powinna być rozpatrywana indywidualnie na podstawie:

- przedstawionej przez podmiot realizujący zaopatrzenie w wodę informacji o planowanych działaniach naprawczych,
- wartościach stężeń jonu amonu w wodzie,
- wyników badań wody w podanym wyżej zakresie,
- dodatkowych uwarunkowań w otoczeniu (obiekty użyteczności publicznej, produkcja żywności, inne źródła zaopatrzenia w wodę i możliwości ich wykorzystania).

Podobnie jak w przypadku innych parametrów wskaźnikowych, stężenia jonu amonu przekraczające wartość parametryczną nie stwarzają zagrożenia dla zdrowia ludzi. Należy jednak dążyć do ich obniżenia do wymaganych poziomów, aby zapobiegać mogącym stąd wynikać niepożądanym zmianom jakości wody oraz zapewnić akceptowalność wody przez konsumentów. Im wyższe stwierdzane wartości stężeń jonu amonu w wodzie, tym termin ten powinien być krótszy. Okres 5 lat na realizację działań naprawczych wydaje się odpowiedni dla większości obiektów, jednak dla niektórych z nich może nie okazać się wystarczający. W szczególnych sytuacjach może on ulec wydłużeniu, o ile nie wiąże się z tym negatywny wpływ na inne parametry jakości wody, w szczególności stężenia azotynów i azotanów, wskaźniki mikrobiologiczne i organoleptyczne wody. Oceny wymagają także konsekwencje warunkowej przydatności wody do spożycia i kontynuowania zaopatrzenia w wodę dla obiektów użyteczności publicznej, szanse realizacji planowanych działań naprawczych i dostępność ewentualnych alternatywnych źródeł zaopatrzenia w wodę.

**PROPOZYCJE WZORÓW KOMUNIKATÓW PAŃSTWOWEGO
POWIATOWEGO / PAŃSTWOWEGO GRANICZNEGO
INSPEKTORA SANITARNEGO W PRZYPADKU
PODWYŻSZONEGO STĘŻENIA JONU AMONU W WODZIE
PRZEZNACZONEJ DO SPOŻYCIA PRZEZ LUDZI:**

1. Komunikat dotyczący sytuacji, w której stwierdzono podwyższone stężenie jonu amonu w wodzie z ujęć podziemnych, niestwarzające zagrożenia dla zdrowia ludzi, któremu nie towarzyszą inne zmiany jakości wody, w tym zmiany organoleptyczne, zmiany mikrobiologicznej jakości wody

KOMUNIKAT PAŃSTWOWEGO POWIATOWEGO INSPEKTORA SANITARNEGO

W

z dnia

w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi dostarczanej przez wodociąg w miejscowościach

Państwowy Powiatowy Inspektor Sanitarny w informuje, że w badaniach wody z wodociągu zaopatrującego miejscowości:,, w gminie powiat....., stwierdzono przekroczenie wartości parametrycznej jonu amonu.

Sytuacja ta nie stwarza zagrożenia dla zdrowia konsumentów. W związku z tym Państwowy Powiatowy Inspektor Sanitarny w stwierdza warunkową przydatność wody do spożycia. Woda może być wykorzystywana bez ograniczeń do celów spożywczych i gospodarczych.

Trwają prace mające na celu przywrócenie jakości wody spełniającej wymagania określone w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia



2. Komunikat dotyczący sytuacji, w której stwierdzono podwyższone stężenie jonu amonu w wodzie z ujęć podziemnych, niestwarzające zagrożenia dla zdrowia ludzi, któremu towarzyszą zmiany organoleptyczne jakości wody (wzrost zapachu), lecz nie stwierdzono innych zmian jakości wody, w szczególności wykluczono skażenie mikrobiologiczne wody.

KOMUNIKAT PAŃSTWOWEGO POWIATOWEGO INSPEKTORA SANITARNEGO

W

z dnia

w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi dostarczanej przez wodociąg w miejscowościach

Państwowy Powiatowy Inspektor Sanitarny w informuje, że w badaniach wody z wodociągu zaopatrującego miejscowości:,, w gminie powiat....., stwierdzono wzrost zapachu wody i zmianę jej smaku oraz przekroczenie wartości parametrycznej jonu amonu.

Mimo zmiany zapachu wody, jakość wody nie stwarza zagrożenia dla zdrowia konsumentów. W związku z tym Państwowy Powiatowy Inspektor Sanitarny w stwierdza warunkową przydatność wody do spożycia. Woda może być wykorzystywana bez ograniczeń do celów spożywczych i gospodarczych.

Trwają prace mające na celu przywrócenie jakości wody spełniającej wymagania określone w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia



3. Komunikat dotyczący gwałtownego, znacznego wzrostu stężeń jonu amonu w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi, pochodzącej z ujęć powierzchniowych lub mieszanych (po uzdatnieniu)* .

KOMUNIKAT PAŃSTWOWEGO POWIATOWEGO INSPEKTORA SANITARNEGO

W z dnia.....

w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, dostarczanej przez wodociąg

.....

w miejscowościach

Państwowy Powiatowy Inspektor Sanitarny w informuje, że w badaniach wody z wodociągu zaopatrującego miejscowości:,, w gminie powiat....., stwierdzono wzrost zapachu wody oraz przekroczenie wartości parametrycznej jonu amonu.

W związku z tym Państwowy Powiatowy Inspektor Sanitarny w stwierdza warunkową przydatność wody do spożycia

Zaleca się, aby woda przeznaczona do celów spożywczych była przed spożyciem gotowana nie krócej niż przez 2 minuty, a następnie pozostawiona do ostygnięcia (bez przyspieszanego schładzania). Woda po przegotowaniu może być przeznaczona do:

- celów spożywczych,
- mycia zębów,
- mycia spożywanych na surowo warzyw i owoców,
- kąpeli noworodków,
- mycia naczyń kuchennych.

Nie wymaga gotowania woda wykorzystywana do innych celów, w tym do kąpeli, prania odzieży, spłukiwania toalet, utrzymywania czystości pomieszczeń.

Prowadzone są dalsze badania wody i prace mające poprawić jakość wody. Zalecenie obowiązuje do czasu wydania kolejnego komunikatu.

**Proponowana treść komunikatu dla sytuacji, w której nie są jeszcze dostępne wyniki badań mikrobiologicznych.*

Główny Inspektorat Sanitarny