

ilość wody na kuli ziemskiej szacuje się na około $2 \cdot 10^{18}$ ton, zawarte w oceanach, morzach, jeziorach, stawach, rzekach, glebie, atmosferze, minerałach i organizmach żywych. Znajduje się ona w ciągłym dynamicznym ruchu, w którym zmienia swoje fazy, przestrzenną strukturę chemiczną, gęstość, a także powiązanie ze strukturami innych związków chemicznych.

Co to jest czysta woda?

Prof. dr Kazimierz MATUSIAK

Na pozór wydaje się nam, że dobrze wiemy, o co nam chodzi, kiedy wypowiadamy słowa „czysta woda” i martwimy się, że jest jej coraz mniej, rozważamy przyczyny jej zanieczyszczenia i poszukujemy środków na jej oczyszczenie. Trudno jest jednak podać definicję tego terminu, który w trakcie rozważań coraz bardziej staje się nieuchwytny.

Dlatego proponuję spojrzeć na ten problem oczami fachowców różnych dziedzin nauki i praktyki, a także przeciętnego konsumenta wody.

Co powie fizyk i chemik?

W ich pojęciu istnieje woda tylko jako związek chemiczny, który jest jednoznaczny z czystą wodą. Nieczysta woda jest albo roztworem wodnym innego ciała, albo zawiesiną wodną ciała, którego cząstki są w niej zawieszone.

Woda w pojęciu fizyka i chemika jest tlenkiem wodoru o wzorze chemicznym H_2O . Jest w normalnej otaczającej nas temperaturze cieczą bezbarwną, bez smaku i zapachu. Pod ciśnieniem 1 atmosfery w temperaturze $100^\circ C$ przechodzi w stan fazy gazowej zwanej parą wodną, a w temperaturze poniżej $0^\circ C$ w stan fazy stałej zwanej lodem. Fizycy i chemicy określili jeszcze cały szereg innych właściwości tego związku jak temperaturę krytyczną, ciepło właściwe, topnienia, parowania, ciśnienie krytyczne, stałą dielektryczną, przewodność właściwą i wiele innych cech, z tym, że niektóre stałe fizyczne wody obrano za podstawę wzorców i jednostek fizycznych. Przykładem tego może być obowiązująca skala temperatur wyrażana w „stopniach Celsjusza” (od nazwiska szwedzkiego astronoma Andersa Celsiusa). W skali tej przyjęto za 0° temperaturę topnienia lodu, a za 100° temperaturę wrzenia wody pod ciśnieniem 1 atmosfery. Wszelkie odstępstwa od tej skali, które zostały później stwierdzone doskonalszymi badaniami w oparciu o zasadę termodynamicznego obiegu Carnota, przyjęciem za zero tzw. potrójnego punktu wody (Ter), w którym ciekła woda, jej para i lód mogą znajdować się obok siebie w równowadze, czy wręcz odniesienie skali do temperatury bezwzględnej zera, dały tak małe różnice, że skala wyrażona w stopniach Celsjusza została uznana za Międzynarodową Praktyczną Skalę Temperatur (MPST).

Fizycy i chemicy wiedzą też dobrze, że woda jest tak doskonałym rozpuszczalnikiem większości ciał stałych, cieczi i gazów, że w zetknięciu z nimi od razu tworzy ich roztwory. Aby otrzymać możliwie najczystsza wodę do badań, musi się przeprowadzić szereg zabiegów jak odgazowanie, wielokrotna destylacja w naczyniach kwarcowych lub z metali szlachetnych i chronić przed zetknięciem nawet z powietrzem, którego części składowe natychmiast rozpuszczają się w wodzie.

Gdyby jednak spragniony człowiek chcąc się napić wody wychylił szklankę takiego płynu, na pewno nie byłby przekonany, że napil się czystej wody. Brak smaku to nie dobry smak. Czysta woda do picia to jednak nie czysta woda.

Ale oddajmy jeszcze głos chemikowi:

Cząsteczka wody ma tak specyficzne i unikalne właściwości, jakich nie spotykamy wśród innych związków chemicznych. Prosta, na pozór, cząsteczka złożona z 2 atomów wodoru i 1 atomu tlenu nadaje jej wyjątkowe cechy elektrodynamiczne daleko wychodzące poza właściwości neutralnego związku chemicznego. Jest ona związkiem silnie elektroujemnego atomu tlenu z wodorem o najprostszej osłonie elektronowej. Jest niesymetryczna. Atomy wodoru w stosunku do tlenu ułożone są nie na linii prostej, lecz pod kątem 105° .

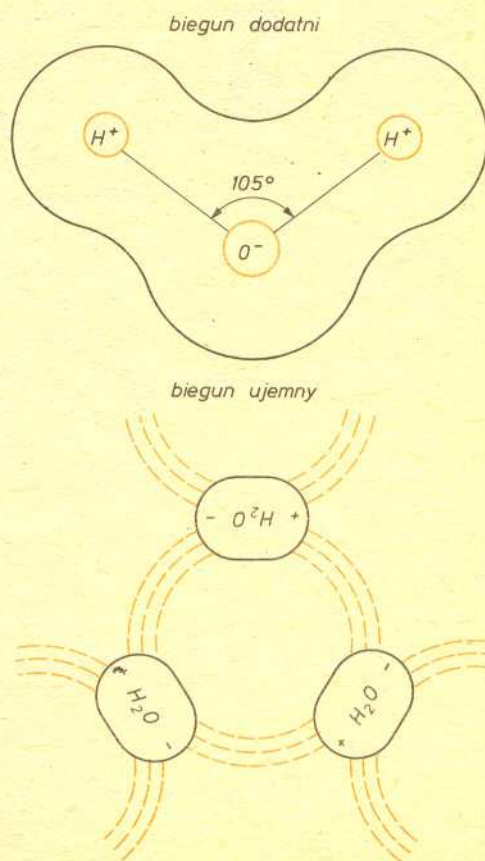
Powoduje to asymetryczny rozkład ładunków elektrycznych i wytwarzanie dwóch biegunów (dipol), jednego o ładunku dodatnim i drugiego o ładunku ujemnym, co z kolei powoduje powstanie pola elektrycznego wokół cząsteczki. Rezultatem tego jest łączenie się cząsteczek wody między sobą odmiennymi biegunami, co w efekcie daje skupienia o składzie $(H_2O)_2$ lub większe $(H_2O)_x$. Cząsteczka dipolowa wody w zetknięciu ze spolaryzowanymi cząstkami innej materii lub jonami przylega do nich jednym lub drugim biegunem zależnie od charakteru ładunku elektrycznego, miejsca ciała elektrycznie spolaryzowanego lub charakteru jonu. Stąd właśnie pochodzi tzw. zdolność hydratacyjna wody, a także jej aktywny udział w zjawisku rozpuszczania.

Ta specyficzna budowa cząsteczki wody jest powodem wielu jeszcze innych zjawisk. Silny dodatni ładunek wodoru zgrupowany na małej powierzchni może spowodować, że oprócz połączenia z tlenem cząsteczki wody może on związać się elektrostatycznie z tlenem drugiej cząsteczki wody lub innej substancji tworząc połączenie uzupełniające zwane „mostkiem wodorowym”. Te połączenia, jeszcze silniejsze od poprzednio omawianych są również podstawą do tworzenia się większych i trwalszych skupień cząsteczek wody. Zawartość tej różnej wielkości cząsteczek wody maleje ze wzrostem temperatury, gdyż zwiększa się kinetyka ruchu cząsteczek, która przelamuje siły ich wzajemnego przyciągania.

Inną spośród wielu konsekwencji takich układów jest powstawanie w wodzie tzw. jonów hydroniowych. Woda dysocjuje co prawda w bardzo małym stopniu, ale powstałe na tej drodze jony wodorowe H^+ ulegają hydratacji dając kowalenne kompleksy $H^+ \cdot H_2O$, tworzące jony H_3O^+ . Te zaś ulegając dalszej hydratacji dają duże jony zbliżone do kationów wchodzących w skład minerałów skalnych jak np. potasu, które mogą wymieniać wchodząc w ich miejsce. To jest też przyczyną aktywnego udziału wody w rozpuszczaniu ciał nawet bardzo odpornych na rozkład.

Te wybrane, opisane powyżej (najistotniejsze, choć nie wszystkie) fizyczne i chemiczne cechy wody powodują, że nie może ona w warunkach naturalnych pozostawać jako związek czysty w pojęciu chemicznym i fizycznym.

Unikalne właściwości chemiczne wody są przyczyną wielu obserwowanych w przyrodzie zjawisk o kapitalnym znaczeniu. Np. wiemy, że gęstość wody posiada największą wartość w temperaturze $+4^\circ C$ (ściślej w $+3,98^\circ C$). Lód w miarę wzrostu temperatury powyżej $0^\circ C$ przechodzi w stan cieczy. Cząsteczki ulegają rozluźnieniu, ale równocześnie wzrasta ilość kompleksów cząsteczek opisanych powyżej i to powoduje, że wzrasta gęstość wody. To zjawisko potęguje się i osiąga granicę w $+4^\circ C$, po czym, w miarę dalszego wzrostu temperatury kinetyka cząsteczek wzrasta, co z kolei powoduje rozkład tych kompleksów i gęstość maleje. W rezultacie lód jest 1,2 razy lżejszy od wody, a sama woda jest „najcięższa” w $+4^\circ C$. W głębszych zbiornikach wodnych lód pokrywając ich powierzchnię chroni pozostałe warstwy wody przed zamarznięciem tworząc izolację.



Natomiast po stopnieniu lodu, gdy temperatura wody na powierzchni dochodzi do $+4^{\circ}\text{C}$, jej cząsteczki opadają w dół wypychając lżejsze i powodują pionowe ruchy wody i przemieszczanie się różnych, w niej rozpuszczonych lub zawieszonych substancji oraz biernie unoszących się w toni wodnej drobnoustrojów.

Z właściwościami molekularnymi wody łączy się jeszcze wiele specyficznych właściwości jak napięcie powierzchniowe, zwilżalność, lepkość, rozchodzenie się światła, pojemność cieplna itp. mających zasadnicze znaczenie dla życia wszystkich organizmów. Nie będziemy ich jednak w tym miejscu omawiać, gdyż nie wiążą się bezpośrednio z tematem naszych rozważań. Faktem jest, że praktycznie nie spotykamy w przyrodzie wody czystej w znaczeniu chemicznym, czyli naprawdę czystej. Dlatego też w języku przyrodniczym mówimy o wodzie naturalnej. Pozostaje więc nadal otwarte pytanie: Co to jest czysta woda? Zwłaszcza, że mówimy przecież dużo o wodach zanieczyszczonych.

Ale oddajmy teraz głos hydrologowi:

Najczystsza wodą w przyrodzie będzie „deszczówka”, a więc woda naturalnie przedestylowana, zawierająca rozpuszczone składniki powietrza, najczęściej nie najczystsze. Nie jest ona smaczna, bo prawie nie ma smaku, który nadają wodzie rozpuszczone związki mineralne o odpowiednio ilościowym i jakościowym składzie, a które uzyskuje dopiero po przesączeniu się przez glebę i podłoże skalne. Wypływające z podłoża skalnego wody zawierają już wiele różnych składników mineralnych, do których (już wiemy dlaczego) woda z latwością może się „dobrać”. Zależnie od składu chemicznego podłoża woda wypływająca jako źródło może być smaczna, a więc w pojęciu przeciętnego użytkownika — czysta. Jest to jednak roztwór substancji mineralnych, które w odpowiednich jakościowo i ilościowo proporcjach sprawiają, że smak jest dobry, choć nieokreślony. Zależnie zaś od przewagi któregoś z tych składników smak ten może być zdecydowanie określony. Mówimy wówczas o wodach „mineralnych” (często leczniczych), solankach itp. Dzięki mniej lub bardziej, ale zawsze zróżnicowanej konfiguracji terenu takie zbierają się tworząc tzw. wody powierzchniowe, czyli zbiorniki wód. Te zaś znowu zależnie od konfiguracji terenu mogą być płynące jako potoki lub rzeki, lub stojące jak morza, jeziora, stawy. Stają się one środowiskiem życia. Ale tu oddajmy głos przyrodnikowi, a ściślej hydrobiologowi i ekologowi:

Pomijając długie i skomplikowane procesy stadiów rozwojowych środowiska wodnego jako miejsca kształtowania się unormowanego życia, weźmy pod uwagę takie zbiorniki, w których panuje równowaga biologiczna i ustalona jakościowo i ilościowo zbiorowisko organizmów roślinnych i zwierzęcych, czyli biocenoza. Biocenoza ta jest trwała, nie zmienia się przez długie lata, poza zmianami periodycznymi związanymi z porami roku. W ciągu życia wielu pokoleń ludzkich w tych samych porach roku spotykamy te same mikro i makroorganizmy. Taką biocenozę obwarowaną stałymi, niezmiennymi się warunkami fizykochemicznymi, fizycznymi i chemicznymi, hydrobiolog nazwie ekosystemem wodnym.

Hydrobiolog-ekolog powie też, że woda, w której mógł ukształtować się zrównoważony i utrwalaony ekosystem nie podlegała i nie podlega zanieczyszczeniom — jest czysta. Ale hydrobiolog-ekolog opisuje różne ekosystemy wodne: o małej ilości składników pokarmowych, czyli oligotroficzne i o dużej ilości składników pokarmowych, czyli eutroficzne oraz systemy o cechach pośrednich, czyli mezotroficzne. Zależnie od ilości i jakości składników mineralnych w zbiornikach wodnych, co z kolei uzależnione jest od właściwości budowy geologicznej i otaczających gleb, kształtują się z czasem ekosystemy o różnym poziomie troficzności.

Wiadomo z podstaw biologii ogólnej, że wszystkie organizmy możemy podzielić na dwie zasadnicze grupy: Pierwsza to organizmy samożywne, czyli autotrofy, tj. takie, które budują swe ciało tworząc substancję organiczną ze związków mineralnych wykorzystując do tego energię promienistą, której źródłem jest Słońce. Tu należą wszystkie organizmy roślinne zielone, zawierające chlorofil. Oprócz nich do autotrofów należą też nieliczne grupy bakterii, które syntetyzują materię organiczną wykorzystując do tego celu energię chemiczną, którą uzyskują dzięki zdolności utleniania pewnych związków mineralnych. Ich rola w procesie produkcji materii organicznej jest ogólnie niewielka. Drugą grupę stanowią organizmy cudzożywne, czyli heterotrofy, żywiące się albo żywymi lub martwymi organizmami, albo ich wydzielinami. Nie mają zdolności produkowania materii organicznej, lecz mogą ją tylko przerabiać na własne ciało lub rozkładać aż do związków mineralnych wykorzystując zawartą w niej energię chemiczną. Tu należą wszystkie pozostałe organizmy: człowiek, zwierzęta, grzyby, większość bakterii. Życie ich jest więc uzależnione od autotrofów.

Powracając do naszych rozważań, jeśli weźmiemy pod uwagę środowisko wodne o pewnej zawartości składników mineralnych i nieograniczone źródło energii promienistej, jakim jest Słońce, to rozwinie się w nim taka ilość organizmów samożywnych (roślin, a w tym głównie glonów), dla jakiej starczy tych mineralnych składników. One bowiem są czynnikiem limitującym rozwój flory samożytnej. Z kolei rozwinie się tyle organizmów zwierzęcych dla ilu wystarczy pożywienia roślinnego, a wreszcie rozwinie się tyle bakterii cudzożywnych, dla ilu starczy substancji organicznej pochodzącej z ciał roślin, zwierząt i ich wydzielin. W rezultacie, jeśli dane środowisko wodne zawiera małe ilości związków mineralnych, życie całej biocenozy jest limitowane tą ilością. Biocenoza jest uboga. Jeżeli zaś tych związków jest dużo, biocenoza ekosystemu jest bardzo bogata. W obu przypadkach jednak istnieje równowaga w produkcji i rozkładzie materii organicznej, choć jeden ekosystem jest oligotroficzny, a drugi eutroficzny. Ta równowaga panuje nie tylko w zakresie stosunków ilościowych i jakościowych organizmów żywych, ale też wszystkich innych czynników fizycznych i chemicznych, a także wzajemnych procesów biochemicznych.

Dla przykładu: tlen częściowo dyfunduje do wody z powietrza, ale w większości powstaje w ekosystemie w procesie fotosyntezy roślin zielonych i równocześnie jest zużywany w procesie oddychania organizmów roślinnych, zwierzęcych i bakterii tlenowych. CO_2 jest wydzielany w procesach oddychania, ale równocześnie jest zużywany w procesie fotosyntezy. Azot cząsteczkowy jest wiązany przez niektóre bakterie i glony, ale, po przejściu kolejno wielu zawiłych procesów, a w tym głównie syntezy białka, zostaje uwolniony w procesach jego rozkładu w postaci prostych związków mineralnych amonu lub azotanów i z powrotem może być wbudowany w białko następnego pokolenia organizmów roślinnych, lub też w drodze procesu denitryfikacji powrócić do formy cząsteczkowej.

To są tylko nieliczne przykłady. O przemianach biochemicznych różnych związków i pierwiastków oraz ich krążeniu w ekosystemie napisano już wiele tomów. Dla nas ważny jest fakt, że w zrównoważonym ekosystemie zrównoważona jest nie tylko ilość i jakość flory i fauny, ale także wszystkie inne procesy, ilości związków chemicznych, pierwiastków i ich wzajemne stosunki. Zrównoważony ekosystem stwarza optymalne warunki dla życia i nie dopuszcza do powstania szkodliwych warunków dla żyjących w nim organizmów. Woda, choć „chemicznie nie czysta” jest dla nich czysta i życiodajna i może stracić tę właściwość tylko wtedy, gdy jakiś czynnik zewnętrzny zakłóci tę równowagę.

Wyobraźmy sobie teraz, że do takiego ekosystemu zostaje doprowadzona duża ilość substancji organicznej, np. ścieki o dużej zawartości białka, tłuszczu, węglowodanów czy ropy naftowej, a więc np. ścieki z rzeźni, mleczarni, cukrowni lub zawierające odchody ludzkie i zwierzęce, czyli tzw. ścieki komunalne, a nawet rafineryjne z zakładów celulozowych, ferm zwierzęcych itp. Jest to pokarm wyłącznie dla bakterii. Bakterie znajdujące się w ekosystemie zaczynają się gwałtownie rozmnażać, a ponieważ ich cykl generacyjny jest bardzo krótki (od 1/2 do kilku godzin) w ciągu kilku godzin wielokrotnie przekraczają liczbę, która była zrównoważona z metabolizmem całego ekosystemu. Najpierw zaczynają działać bakterie tlenowe, które mineralizując doprowadzoną substancję wyczerpują cały tlen rozpuszczony w środowisku wodnym. W ciągu kilku godzin giną wszystkie organizmy zwierzęce, o czym naocznie przekonujemy się widząc tylko makroskopowe martwe ryby wpływające na powierzchnię. Po wyczerpaniu się tlenu dochodzą

do głosu beztlenowe bakterie heterotroficzne, które rozkładają beztlenowo, czyli na drodze fermentacji substancje organiczne pozostawiają półprodukty najczęściej o właściwościach trujących, jak np. amoniak, siarkowodór, metan, aceton, alkohole itp. związki, które już dalej nie mogą być utlenione z powodu braku wolnego tlenu.

Następuje więc ostatecznie całkowita zagłada biocenozy. Ciekawe jest, że tego spustoszenia wcale nie dokonały ścieki trujące, wręcz przeciwnie, dokonały tego substancje odżywcze, które zburzyły równowagę ekosystemu prowokując gwałtowny rozwój bakterii, czego konsekwencją stał się deficyt tlenu, a dalszą konsekwencją produkcja związków toksycznych.

Ogromna większość ścieków ma takie właśnie cechy. Kiedy mówimy o zatruciu wód, to wcale nie znaczy, że zostały doprowadzone ścieki trujące — stwierdzone naocznie martwe ryby uległy uduszeniu z powodu braku tlenu. Im bardziej doprowadzona substancja jest odżywcza, tym prędzej następuje katastrofa.

Ilość doprowadzonych ścieków toksycznych w porównaniu do wyżej wymienionych jest na świecie minimalna. Dostarczają ich tylko nieliczne zakłady chemiczne, galwanizatornie, zakłady stosujące w swej technologii związki metali ciężkich itp., ale takich obiektów jest w porównaniu do ilości miast i osiedli (produkujących ścieki komunalne), rzeźni, mleczarni, browarów, winiarni, przetwórci owoców i jarzyn, cukrowni, ferm zwierzęcych, chemicznego przemysłu organicznego i wielu, wielu innych, naprawdę niewiele. A więc głównie mamy do czynienia ze ściekami organicznymi burzącymi równowagę ekosystemów wodnych przez naruszenie jednego ogniwa łańcucha przemian.

Prawie automatycznie nasuwają się dwa pytania:

Dlaczego przed 40 laty np. w Polsce, kiedy ilość ludzi była niewiele mniejsza niż obecnie, a konsumowała prawie to samo, co teraz, nie było tak ostrego problemu zagrożenia czystości wód?

I drugie pytanie. Jeżeli obecnie mamy do czynienia z takimi ściekami to jak można je unieszkodliwić?

Odpowiedzmy najpierw na pierwsze pytanie. Pół wieku temu, w tysiącach małych gospodarstw wiejskich gospodynie robiły masło i ser mając do dyspozycji mleko z jednej lub kilku krów i zanosili je na sprzedaż do miasta, a serwatkę wylewały świnkom do koryta. Nawóz krowi, koński i trzody chlewnej skrzętnie zbierano w niewielkim dole i wywożono z wiosną na pole. Odpadki z jedzenia dawano świniom, z których robiono doskonałą zresztą kielbasę i inne wędliny i sprzedawano do sklepów lub bezpośrednio konsumentom. Owoce z niewielkich sadów wędrowały do domów, gdzie panie domu robiły z nich konfitury i dżemy. Nie trzeba chyba dawać więcej przykładów. Odpadkowe substancje organiczne były rozprowadzane w niewielkich ilościach równomiernie po całej ziemi naszego kraju. Mikroflora mineralizowała je na miejscu. Problem ścieków zanieczyszczających wody powierzchniowe występował tylko w większych miastach i bardzo niewielu dużych obiektach fabrycznych i nie był palącym problemem Nr 1. Dziś cały świat przeszedł na inny rodzaj gospodarki i my tak samo, co jest zupełnie zrozumiałe. Powstały duże objekty uprawy i hodowli, i to najczęściej jednokierunkowej, roślin i zwierząt oraz punkty skupu żywa i płodów rolniczych. Surowiec ten gromadzi się w ogromnych, różnego typu obiektach fabrycznych, gdzie zostaje przerabiany. Wszystkie procesy technologiczne wymagają dużych ilości wody, która pobierana ze zbiorników powierzchniowych lub specjalnych studni musi być z powrotem odprowadzona do tych zbiorników. Woda ta niesie ze sobą wszelkie nie dające się wyłaczyć i zużyć substancje. I to są właśnie ścieki, które oddawane punktowo w dużych ilościach do ekosystemów przelamują ich równowagę.

A teraz odpowiedzmy na drugie pytanie: czy takie ścieki można oczyścić? Odpowiedź jest bardzo pocieszająca. Podpatrując, co się dzieje w przyrodzie, na przełomie XIX i XX wieku

skonstruowano urządzenia, do których wprowadza się ścieki organiczne i poddaje silnej aeracji (napowietrzeniu). Wszędobylska, różnorodna mikroflora, głównie bakterie tlenowe namnażają się tutaj w ogromnych ilościach i mineralizują substancję organiczną. Są to tzw. generatory osadu czynnego, który składa się z konglomeratów zlepionych drobnoustrojów naturalnie wyselekcjonowanych i przystosowanych do rozkładu takiej substancji, jaką zawierają ścieki. W zależności od wielkości zakładu produkcyjnego lub miasta ilość takich generatorów może być duża. Mówimy, że zakład lub miasto posiada oczyszczalnię ścieków.

Nie wątpię, że Czytelnik zdaje sobie sprawę, że ten opis przedstawia w sposób bardzo uproszczony zasadę działania oczyszczalni. Technologia oczyszczania ścieków, jak każda inna, jest skomplikowana, wymaga stałej kontroli technicznej, chemicznej i biologicznej, a także wstępnego oczyszczania i „doczyszczania” ścieków. Istnieją też ciągle problemy naukowe, techniczne i biologiczne zmierzające do intensyfikacji działania oczyszczalni i zapobiegania awariom, które głównie polegają na przeciążeniu osadu czynnego na skutek zwiększania produkcji. Organizmy osadu czynnego mają też swoje granice tolerancji, których nie można przekroczyć.

W zasadzie można powiedzieć, że mamy sposoby na oczyszczanie przeważającej większości ścieków niszczących nasze ekosystemy wodne. W pozostałych przypadkach, a szczególnie dotyczących pewnych ścieków przemysłu nieorganicznego, w tym głównie produkującego nawozy azotowe prowadzone są z dobrymi skutkami badania na razie w skali laboratoryjnej. Chodzi o zlikwidowanie dopływu do wód powierzchniowych nieorganicznych form przyswajalnego azotu, który jako biogen (pierwiastek potrzebny w dużych ilościach do syntezy białka) zwiększa w sposób niebezpieczny eutrofizację wód.

Wylana się jeszcze jedno dodatkowe pytanie: Dlaczego, jeśli istnieją sposoby na uchronienie naszych wód przed katastrofą, my ich nie stosujemy?

Otóż stosujemy, ale nie nadążamy za rozwojem przemysłu i szybkością przestawiania sposobu gospodarki. W wielu miastach nie ma oczyszczalni w ogóle.

Wiele zakładów również nie posiada oczyszczalni, a w większości zakładów posiadających oczyszczalnię funkcjonują one wadliwie lub w ogóle nie funkcjonują. Główną tego przyczyną jest przeciążenie, a często niedbalstwo wynikające z braku zrozumienia powagi sprawy. Tu należałoby oddać głos ekonomiście, ale tego nie zrobię, bo nigdy nie udało mi się z nim dogadać. Przyrodnik, a do takich należy autor niniejszego artykułu, jest zawsze fanatykiem, a ekonomista musi być realistą. Głową muru nie przebije. Na pewno nie stać nas od razu na wybudowanie tysięcy oczyszczalni. Ale już dziś należy największą uwagę zwrócić na zjawisko, które niedługo będzie nie do opanowania.

Po tak obszernych rozważaniach starajmy się odpowiedzieć na pytanie postawione w tytule niniejszego artykułu.

Na pewno woda chemicznie czysta, czyli ta naprawdę czysta, odpada jako pojęcie którego szukamy, odpada również woda zanieczyszczona ściekami, produktami ludzkiej gospodarki i bakteriami chorobotwórczymi. Dlatego chyba najrozsądniejsza jest definicja czystej wody postawiona przez biologa, a ściślej przez hydrobiologa i ekologę. Woda zrównoważonego ekosystemu wodnego nawet eutroficznego, daje możliwości życia organizmom roślinnym i zwierzęcym, których metabolizm jest identyczny z metabolizmem człowieka. Regulatorami i stabilizatorami takich właściwości wody jest cała ustabilizowana biocenoza, w której szczególnie bakterie o bardzo zróżnicowanym metabolizmie dzięki bogatemu kompleksowi enzymatycznemu nie pozwalają na gromadzenie się związków o działaniu toksycznym. Taka woda po prostych zabiegach staje się zdatna do picia i innych sposobów użytkowania. Tylko chroniąc ekosystemy wodne od zburzenia ich równowagi biologicznej nie pozbawiamy się zasobów czystej wody w znaczeniu biologicznym i praktycznym.