

SPIS TREŚCI

NUMERU 4(64)

Koniec świata! <i>Mgr Tomasz Chlebowski</i>	str. 1
Lej depresyjny <i>Mgr Krzysztof Nowiński</i>	str. 2
Co to jest czysta woda? <i>Prof. dr Kazimierz Matusiak</i>	str. 4
Żywność przyszłości <i>Dr Hanna Kunachowicz</i>	str. 7
Poprawiać naturę <i>Marek Kubiak</i>	str. 8
Tlen — dar i źródło życia <i>Prof. dr Władysław J. H. Kunicki-Goldfinger</i>	str. 9
Czy zagraża nam niedobór tlenu we wdychanym powietrzu <i>Doc. dr Antoni Koziorowski</i>	str. 11
Zadania	str. 12
Miasto — zielone płuco świata	str. 13
Patrz w niebo	str. 15
Mała Delta	str. 16

W następnym numerze:

Ułamki łańcuchowe

Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika, Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Warszawskiego oraz Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii zapraszają na cykl odczytów popularno-naukowych.

Oto najbliższe z nich.

19 IV — Gwiazdy nowe, *prof. J. Smak*
23 IV — Najmłodsze gwiazdy, *prof. J. Smak*
26 IV — Jak płynie czas, *mgr B. Muchotrzeb*
3 V — Rotujące czarne dziury, *mgr M. Sikora*
7 V — Metoda Monte Carlo w astronomii, *mgr W. Wilczewski*
10 V — Białe karły, *mgr R. Sienkiewicz*
14 V — Fizyka gwiazd neutronowych, *dr hab. P. Haensel*

Odczyty poniedziałkowe odbywają się w Centrum Astronomicznym im. M. Kopernika, W-wa, ul. Bartycza 18, o godz. 17. W czwartki odczyty odbywają się w Obserwatorium Astronomicznym U.W., W-wa, Al. Ujazdowskie 4, o godz. 17. Wstęp wolny.

„Delta”
matematyczno-fizyczny miesięcznik popularny
Polskiego Towarzystwa Matematycznego i Polskiego Towarzystwa Fizycznego
wydawany przy poparciu Ministerstwa Oświaty i Wychowania

Komitet Redakcyjny
doc. dr J. Bartke
doc. dr A. Bączyński
doc. dr B. Gleichgewicht
prof. dr K. Goebel
doc. dr B. Iwazskiewicz
doc. dr T. Iwiński
doc. dr A. Januszajtis
prof. dr L. Jeśmanowicz
mgr H. Kaczorek
prof. dr B. Karczewski
prof. dr M. Kuczma
mgr A. Mąkowski
prof. dr Z. Pawlak
prof. dr A. Piekara
prof. dr Z. Semadeni
prof. dr J. Stankowski
prof. dr M. Subotowicz

doc. dr S. Turnau
prof. dr Janusz Zakrzewski — wiceprzewodniczący
prof. dr Wojciech Żakowski — przewodniczący

Redaguje Kolegium w składzie:
doc. dr T. Hofmokr — z-ca red. nac.
B. Jaworska-Kordos — ilustracje
dr M. Kordos — red. nac.
dr K. Prażmowski — red. techn. graf.
dr M. Szurek
mgr K. Szypcio — sekr. red.
doc. dr M. Świącki
Adres Redakcji
ul. Hoża 69 pok. 151,
00-681 Warszawa

Zakład Narodowy im. Ossolińskich — Wydawnictwo Wrocław, Oddział w Warszawie
Nakład 20 000 egz. Objętość 2 ark.
wyd.; 2,50 ark. druk.;
papier offsetowy III kl. 80 g. 61 × 86
Wydrukowano w Drukarni im. Rewolucji Październikowej
Warszawa, ul. Mińska 65
Nr zam. 53/79 C-30

Wydano z pomocą finansową Polskiej Akademii Nauk

WARUNKI PRENUMERATY Cena prenumeraty rocznej zł 60, — cena prenumeraty półrocznej zł 30, —

Prenumeratę na kraj przyjmują Oddziały RSW „Prasa—Książka—Ruch” oraz urzędy pocztowe i doręczyciele — w terminach — do 25 listopada na styczeń, I kwartał, I półrocze roku następnego i cały rok następny — do dnia 10 miesiąca, poprzedzającego okres prenumeraty na pozostałe okresy roku bieżącego. Jednostki gospodarki społecznej, instytucje i organizacje społeczno-polityczne składają zamówienie w miejscowych Oddziałach RSW „Prasa—Książka—Ruch”. Zakłady pracy i instytucje w miejscowościach, w których nie ma Oddziałów RSW oraz prenumeratorzy indywidualni, zamawiają prenumeratę w urzędach pocztowych lub u doręczycieli. Prenumeratę ze zleceniem wysyłki za granicę, która jest o 50% droższa od prenumeraty krajowej, przyjmuje RSW „Prasa—Książka—Ruch”, Centrala Kolportażu Prasy i Wydawnictw, ul. Towarowa 28, 00-958 Warszawa, konto PKO nr 1531-71 w terminach podanych dla prenumeraty krajowej

Sprzedaż numerów bieżących i uprzednich

Instytucje państwowe i społeczne, zakłady pracy, szkoły i czytelnicy indywidualni mogą nabywać „DELTA”:

w Księgarni Ośrodka Rozpowszechniania Wydawnictw Naukowych PAN.
Sprzedaż gotówkowa i wysyłkowa, numerów bieżących i archiwalnych; płatność gotówką, przelewem lub za zaliczeniem pocztowym.

Adres: ORPAN 00-901 Warszawa, Pałac Kultury i Nauki, konto PKO I OM W-wa 1531-912

w Księgarni Ossolineum, Rynek 8, 50-106 Wrocław

w Głównej Księgarni Naukowej, Krakowskie Przedmieście 7, 00-068 Warszawa

w Księgarni Naukowej, ul. Podwale 6, 31-118 Kraków

Orders for this periodical from abroad can be placed with „Ars Polona” Krakowskie Przedmieście 7 00-068 Warszawa, Poland or with

— Kubon & Sagner, Inhaber Otto Sagner, D8 Munchen 34, Postfach 68,

Bundesrepublik Deutschland.

— Earls Court Publications Ltd., 130 Shephard Bush Centre, London W 12, Great Britain,

— Licosa Commissionaria Sansoni, Via Lamarmora 45, 50 121 Firenze, Italia.

Cena 1 egzemplarza zł 5. — nr indeksu 35723/35550

Ochrona środowiska uchodzi za temat tak obszerny, że choć jest on ważny dla każdego, to tylko nieliczni mogą kompetentnie wypowiadać się w tej kwestii.

Ekologia stanowi bowiem, niejako z definicji, ścisły splot tylko w przybliżeniu określonych zależności między skończoną wprawdzie, ale ogromną liczbą trudno obserwowalnych wielkości. Wyciąga się stąd wniosek, że jakiegokolwiek sensowne opinie na tematy ekologiczne i pokrewne muszą być uwarunkowane znajomością rezultatów szczegółowych badań, z których większość zresztą nie została jeszcze przeprowadzona. Zaś postulaty dotyczące ochrony środowiska, a nie oparte o głęboką znajomość ekologii, muszą być z konieczności zachowawcze.

Tak, że nie powinniśmy raczej wypowiadać się na ten temat.

No cóż, niezależnie od słuszności wyżej przytoczonych sądów, waga sprawy dla każdego z nas każe jednak nie wziąć ich pod uwagę.

Metodologia nauk ścisłych (dokładniej: część wspólna wszystkich stosowanych metodologii) za naczelną zasadę ma abstrakcję, czyli wydzielenie z każdego obiektu badawczego (i takiego jak elektron, i takiego jak

Wszechświat) tylko pewnej, niewielkiej ilości cech, które są opisywane przez szczegółowe teorie. Jest to swego rodzaju idealizacja, gdyż w konsekwencji patrzymy na obiekty badawcze tak, jakby miały one tylko interesujące nas cechy. Można na taką metodologię patrzeć niechętnie, jak na nieodpowiedzialne uproszczenia, można jednak dostrzec jej niewątpliwą przewagę nad innymi — możliwość wypowiadania kategorycznych sądów.

Traktując w myśl naszej metodologii problem ochrony środowiska możemy wymienić cztery czynniki, które są dla człowieka konieczne (w tym sensie, że pozbawiony choćby jednego z nich przestałby z zupełną pewnością istnieć) i porzucić na nich. Są to

1° — podłoże,

2° — woda,

3° — żywność,

4° — tlen.

Proponujemy rozważyć problem ochrony środowiska jako problem tych czterech czynników odkładając w sferę sentymentów sprawę zachowania gatunków: koala, sójka, baobab i innych, nie dlatego, abyśmy byli owych sentymentów pozbawieni, ale dlatego, że naszym zdaniem nie może istnieć teoria, w której mieszczą się obok siebie takie rzeczywiste obiekty jak tlen, sójki, majowe wieczory, uczciwe reguły gry i poezja.

Koniec świata!

Mgr Tomasz CHLEBOWSKI

W lutym 1982 roku będziemy świadkami dość rzadkiego zjawiska: wszystkie jasne planety ustawią się, krążąc po orbitach wokół Słońca, prawie na linii prostej, tzn. w niedużej odległości kątowej od siebie. Wszystkie tego rodzaju zjawiska, jak pojawienie się komety, zaćmienia, bolidy (b. jasne meteory) itp. wywołują od tysięcy lat grozę i strach u wielu ludzi. Mimo że obecnie wiemy, iż całkowite zaćmienie Słońca nie grozi żadnymi niebezpieczeństwami, to prawie każdy z nas obserwując takie zaćmienie zadaje sobie w pewnym momencie z niepokojem pytanie: czy na pewno to się zaraz skończy?

Podobnie z układami planet. Coraz częściej w niektórych gazetach (a co dopiero w czasopiśmie astrologicznych!) pojawiają się wieści, że w 1982 r. nastąpi koniec świata, trzęsienie ziemi na obszarze najbogatszych części Stanów Zjednoczonych, zakłócenia pogody i pola magnetycznego Ziemi itp., itd. Z naukowego punktu widzenia jednak związek przyczynowo-skutkowy układu planet ze zjawiskami na Ziemi będzie — jak zawsze — zanedbywalny.

Często przy takiej okazji zadajemy sobie pytanie — żyjemy na tej Ziemi już tak długo, a ona pędzi przez otchłań kosmosu stokrotnie szybciej niż pocisk karabinowy, a my nie zdając sobie z tego sprawy czujemy się zupełnie bezpieczni; ale czy mamy podstawy do tego, żeby ufnie patrzeć w przyszłość, czy niebo nie zrobi nam jutro jakiegoś „numeru” w postaci zderzenia z inną planetą, gwiazdą, wybuchu Słońca czy innych podobnych zjawisk?



Zacznijmy od największej skali — całego Wszechświata. Czy można spodziewać się „końca świata” i kiedy to może nastąpić? Wiemy, że obecnie Wszechświat rozszerza się i jednocześnie stygnie. Mamy przed sobą alternatywę: albo w pewnym momencie Wszechświat przestanie się rozszerzać, zacznie się kurczyć i ogrzewać do coraz wyższych temperatur, albo będzie rozszerzać się w nieskończoność. Coraz więcej argumentów przemawia za ostatnią hipotezą, jeśli jednak kosmologiczny koniec świata miałby nastąpić, to dzieli nas od tego momentu jeszcze ok. 50 miliardów, czyli $5 \cdot 10^{10}$ lat.

Przechodząc do obiektów mniejszych możemy zapytać, jakie jest prawdopodobieństwo „zderzenia” z inną galaktyką? Tutaj też nam nic nie grozi: średni czas między zderzeniami galaktyk jest wielokrotnie dłuższy niż wiek Wszechświata, poza tym większość galaktyk oddala się od siebie i są one tak rzadkie, że w wyniku „zderzenia” wzajemnie się przenikają wymiatając tylko materię międzygwiazdową w przestrzeni międzygalaktycznej.

A więc zderzenia galaktyk mogą nie być niebezpieczne, dopóki się nie zderzą gwiazdy. Prawdopodobieństwo takiej katastrofy jest znikome — średni czas między zderzeniami dwóch gwiazd w naszej Galaktyce wynosi 10^{13} lat — tysiąckrotnie więcej niż wiek Wszechświata.

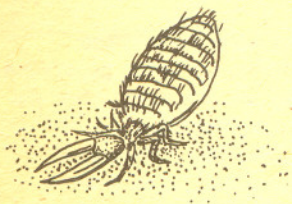
A wybuch Słońca? Ma ono za małą masę na to, jednak w toku swojej ewolucji, za kilka miliardów lat Słońce tak zwiększy swoje rozmiary, że najpierw wypali całą Ziemię, a potem pochłonie ją na zawsze. Jest to bardzo prawdopodobne — jeśli nie koniec świata, to koniec Ziemi.

Przechodząc do jeszcze mniejszych obiektów, zatrzymajmy się na chwilę na poziomie układu planetarnego. Wszystkie planety krążą po prawie kołowych orbitach i zderzenie z którąkolwiek z nich jest praktycznie niemożliwe, jednak prawdopodobne jest zderzenie z mniejszymi ciałami krążącymi wokół Słońca, których orbity przecinają się z orbitą Ziemi.

Istnieje grupa planetoid (małych planetek), które mogą zbliżyć się do Ziemi. Obecnie znamy 24 takie ciała, jednak szacuje się, że jest ich ponad 500. Jedna taka planetoida — Hermes — przeszła w 1937 roku w odległości ok. 600 tys. km od Ziemi, czyli niewiele dalej niż orbita Księżyca. Według E. J. Ópika gdyby tej wielkości ciało uderzyło w Ziemię, zniszczyłoby obszar o powierzchni kilkunastu procent powierzchni Polski. Największa z „niebezpiecznych dla Ziemi”, planetoida Amor, mogłaby zniszczyć połowę kontynentu Azji. Zderzenie z ciałem wielkości Hermesa może zdarzyć się średnio raz na kilka milionów lat, natomiast kolizja z Amorem — raz na 2–3 miliardy lat. Zderzenie z kometą, mimo że bardziej widowiskowe (kometą ma warkocz), byłoby jednak mniej niebezpieczne niż uderzenie planetoidy. Najprawdopodobniej tzw. meteor tunguski, który uderzył w Ziemię 30 czerwca 1908 roku niszcząc część tajgi środkowej Syberii, był jądrem małej komety.

Upadek meteoru, najbardziej częsty ze wszystkich opisanych tu zjawisk, robi najmniejsze szkody. Dotychczas wiemy tylko o jednym przypadku, kiedy to meteor zrobił dziurę w dachu. Księżyc, następny kandydat, na szczęście oddala się powolutku po spirali od Ziemi i oddalałby się tak jeszcze ze 40 miliardów lat, gdyby wcześniej nie został pożarty razem z Ziemią przez Słońce.

Jednak na orbitach wokół Ziemi pojawia się coraz więcej obiektów, które po pewnym czasie spadają na Ziemię stwarzając pewne niebezpieczeństwo dla jej mieszkańców. Są to sztuczne satelity. I tu dochodzimy do wniosku: jeśli nie będziemy niepotrzebnie zaśmiecać przestrzeni wrakami satelitów, jeśli nie będziemy niszczyć własnej atmosfery chroniącej nas przed promieniowaniem kosmicznym, obstrzałem meteorów i ulatywaniem ciepła z Ziemi, to prawdopodobieństwo katastrofy kosmicznej będzie tak małe, że możemy spać spokojnie.



Lej depresyjny

Mgr Krzysztof NOWIŃSKI

W badaniu wpływu działalności człowieka na środowisko naturalne stosuje się dość powszechnie różnego rodzaju modele matematyczne. Upraszczają one rzeczywistość do granic pojemności komputerów, produkujących później optymistyczne lub katastroficzne (w zależności od zleceniodawcy) wydruki.

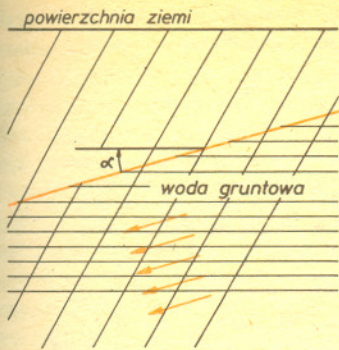
Przedstawimy tu skrajnie, bo do granic pojemności kartki papieru, uproszczony model zjawiska znanego pod nazwą *leja depresyjnego*. Wyobraźmy sobie mianowicie wielką kopalnię odkrywkową. Aby mogła ona działać, jej dno i ściany muszą być suche, a przesiąkająca woda musi być na bieżąco odpompowywana. Zastanówmy się, jaki będzie wpływ pracy pomp na poziom wody gruntowej w okolicy.

Przyjmijmy następujące założenia upraszczające:

1. Brzeg wykopu jest linią prostą, wobec tego możemy nie brać pod uwagę przepływu równoległego do jego ściany i rozpatrywać zagadnienie jednowymiarowe, szukając poziomu wody gruntowej $g(x)$ w zależności od odległości x od wykopu.
 2. Gleba jest jednorodna, a szybkość przepływu wody gruntowej jest wprost proporcjonalna do różnicy ciśnień wymuszającej ten przepływ.
 3. Szybkość parowania wody gruntowej zależy liniowo od głębokości jej zwierciadła.
- Wreszcie:
4. Dopływ wody z powierzchni jest stały.

Poziom wody gruntowej to głębokość, od której wszystkie wolne przestrzenie w gruncie są całkowicie zapełnione wodą. Jest to równocześnie głębokość zwierciadła wody w studni.

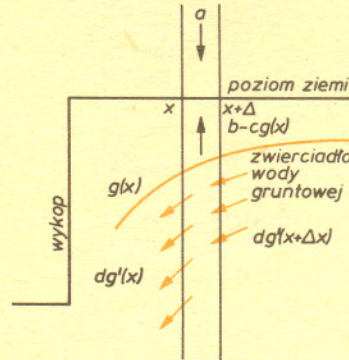
Założenie to jest oczywiście słuszne tylko w przybliżeniu i tylko w ograniczonym przedziale głębokości. Ale ... trzeba jakoś uprościć sobie życie, czyli rachunki.



Z założenia 2 wynika, że jeżeli lokalnie zwierciadło wody gruntowej jest nachylone pod kątem α do poziomu, to woda będzie płynąć w kierunku spadku z prędkością proporcjonalną do $\text{tg } \alpha$.

Rozpatrzmy teraz „bilans wody” cienkiej, pionowej, równoległej do brzoгу wykopu warstwy gruntu o szerokości Δ :

dopływ:
z opadów $a \cdot \Delta$
z obszaru położonego
dalej od wykopu:
 $b \cdot g'(x+\Delta)$



odpływ:
parowanie $(c + dg(x)) \cdot \Delta$
(w przybliżeniu)
w stronę wykopu:
 $b \cdot g'(x)$.

Ponieważ rozważamy sytuację ustabilizowaną, „bilans musi wyjść na zero”:

$$a \cdot \Delta + b \cdot g'(x+\Delta) = (c + dg(x)) \cdot \Delta + b \cdot g'(x),$$

czyli

$$b \frac{g'(x+\Delta) - g'(x)}{\Delta} + (a-c) - dg(x) = 0,$$

a ponieważ $\lim_{\Delta \rightarrow 0} \frac{g'(x+\Delta) - g'(x)}{\Delta} = g''(x)$, więc z równania naszego wynika równanie różniczkowe

$$bg''(x) + (a-c) - dg(x) = 0,$$

którego rozwiązaniem ogólnym jest

$$g(x) = ke^{\lambda x} + l, \quad \text{gdzie } \lambda = \pm \sqrt{\frac{d}{b}}, \quad \text{natomiast } l = \frac{a-c}{d}.$$

Warto zauważyć, że gdy $k = 0$, otrzymujemy po prostu warunek równowagi wodnej w glebie ($g(x) = l$) bez wpływu czynników dodatkowych.

Ale ... wykop, którego głębokość g_0 przekracza l musi być suchy.

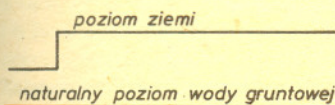
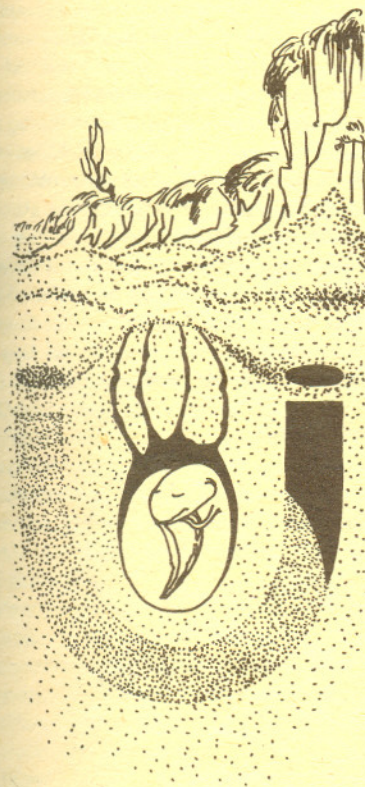
Czyli $g(0) \leq g_0$.

$$A \quad g(0) = k + \frac{a-c}{d}.$$

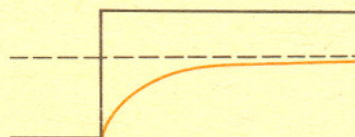
I wobec tego, gdy $g_0 < \frac{a-c}{d}$, musimy pracą pomp obniżyć poziom wody gruntowej na całym, dość rozległym obszarze, tym większym, im większe jest k , czyli im głębszy jest wykop i im mniejsze jest λ , czyli im większa jest przepuszczalność gruntu b : wykres funkcji g jest wtedy bardziej płaski.

Nie podaliśmy tu wartości współczynników a, b, c i d , można jednak wyrobić sobie pewien pogląd na nie, gdy pamiętamy, że wielkie kopalnie odkrywkowe o głębokości dziesiątek metrów potrafią „wysać” wodę ze studni odległych o kilka kilometrów.

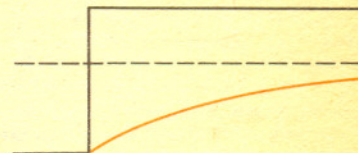
A może spróbujecie, Czytelnicy, zaprojektować doświadczenie, umożliwiające oszacowanie tych stałych dla zwykłego piasku?



Wykop płytki nie narusza stosunków wodnych



Gleba mało przepuszczalna: wpływ wykopu szybko maleje z odległością



Gleba bardzo przepuszczalna: obniżenie poziomu wody gruntowej zauważalne w dużej odległości

ilość wody na kuli ziemskiej szacuje się na około $2 \cdot 10^{18}$ ton, zawarte w oceanach, morzach, jeziorach, stawach, rzekach, glebie, atmosferze, mineralach 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 doskonalnymi 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 wręczcie odniesienie skali do temperatury bezwzględnej zera, dały tak małe różnice, że skala wyrażona w stopniach Celsjusa 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 napił 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° .

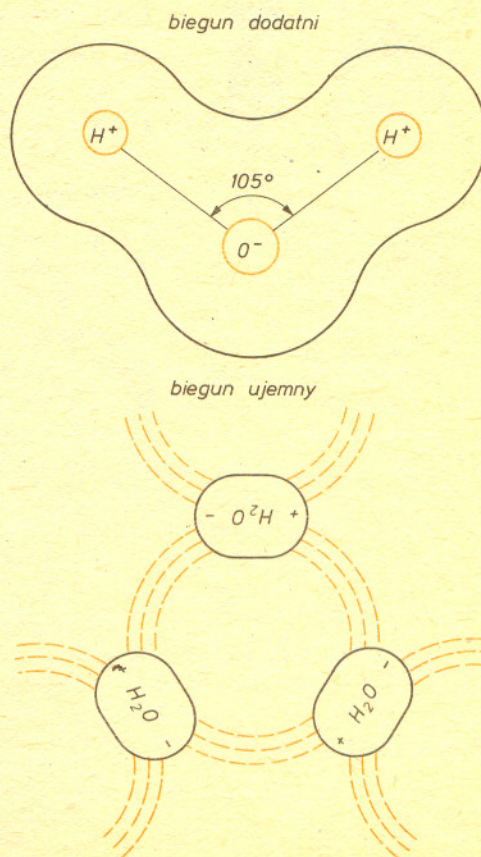
Powoduje to asymetryczny rozkład ładunków elektrycznych i wytwarzanie dwóch biegunów (dipol), jednego o ładunku dodatnim i drugiego o ładunku ujemnym, co z kolei powoduje powstanie pola elektrycznego wokół cząsteczki. Rezultatem tego jest łączenie się cząsteczek wody między sobą odmiennymi biegunami, co w efekcie daje skupienia o składzie $(H_2O)_3$ 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. Wyływające 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 wody 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 troficznym.

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 tlenowy, 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 świnikom 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 kiełbasę 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 obiekty 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 wyłączyć 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. Wylania 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.

Dr Hanna KUNACHOWICZ

W nadchodzących dwóch dekadach za podstawę wyżywienia ludności świata uważa się zboża, podobnie jak to jest dzisiaj. W obecnym świecie konsumpcja zbóż jest różna w krajach rozwijających się i rozwiniętych. Łańcuch żywnościowy w krajach rozwijających się wygląda następująco: roślina → człowiek, w krajach rozwiniętych łańcuch ten jest dłuższy: roślina → zwierzę → człowiek.

W krajach rozwiniętych (w skali światowej) średnia konsumpcja zbóż wynosi na głowę około 1000 kg/rok, ale z tego tylko około 70 kg rocznie jest spożywane przez człowieka bezpośrednio. Reszta, tj. około 930 kg, jest zużywana jako pasza dla zwierząt, aby z kolei wyprodukować mięso, mleko, jaja do spożycia dla ludzi. Natomiast roczna konsumpcja ziarna na głowę ludności w krajach rozwijających się wynosi około 190 kg i prawie wszystko konsumowane jest bezpośrednio.

Konsekwencje niedoboru zbóż są całkowicie różne dla krajów rozwiniętych i dla krajów rozwijających się. W pierwszym przypadku niedobór ziarna oznacza zmniejszenie spożycia białka zwierzęcego, w drugim przypadku oznacza głód, z całym łańcuchem następstwami.

Żywnościowcy postulują więc, jako jedno z podstawowych rozwiązań problemu żywnościowego na najbliższe dekady, skrócenie łańcucha żywnościowego poprzez bardziej efektywne wykorzystanie żywności roślinnej. Rozwojowi produkcji zbóż poświęca się zatem wiele uwagi. Ostatnie lata przyniosły szereg osiągnięć w dziedzinie genetyki roślin, co pozwoliło podnieść wartość biologiczną nowych odmian takich zbóż, jak kukurydza (słynny mutant Opaque 2), owies i sorgo. Pracuje się też nad nowymi ulepszonymi odmianami pszenicy i żyta i wprowadza do uprawy krzyżówkę pszen-żyto (triticale).

W badaniach nad niekonwencjonalnymi źródłami białka największą uwagę poświęca się obecnie inżynierowaniu wysokobiałkowych preparatów z nasion roślin oleistych (soi, nasion bawełny, orzeszków ziemnych, słonecznika). Niegdyś po uzyskaniu oleju wytloki tych roślin były wykorzystywane na cele paszowe. Obecnie opracowane są technologie izolowania z nich białka przeznaczonego na cele spożywcze. Produkcja tych preparatów i ich zastosowanie w żywności jest jednak trudne. Proces izolowania białka musi być tak prowadzony, aby wartość biologiczna białka została zachowana. Ponadto muszą zostać usunięte lub unieczynnione czynniki toksyczne i antyżywniowe, takie jak: inhibitory trypsyny, hemaglutyniny, gossypol, alfa-toksyny itp. Wreszcie preparat wysokobiałkowy musi być wkomponowany w tradycyjną żywność, lub przerobiony na nowy typ żywności i w końcu zaakceptowany przez konsumenta. Nikt nie może jeść proszku bez barwy i bez smaku.

Problem przetworzenia preparatów na produkty żywnościowe jest jednym z krytycznych punktów do rozwiązania. Wspomnieć tu trzeba doświadczenia z lat sześćdziesiątych prowadzone w Ameryce Łacińskiej z zastosowaniem wysokobiałkowych mieszanek głównie roślinnych w żywieniu niemowląt, a także dorosłych ludzi. Podczas gdy w żywieniu niemowląt znalazły one szerokie zastosowanie, to w żywieniu ludzi dorosłych nie przyjęły się właśnie z uwagi na brak akceptacji konsumenckiej. Obecnie preparaty białkowe są dalej przetwarzane i poddawane procesowi ekstrudowania bądź „przedzenia” celem uzyskania struktury włóknionej przypominającej cechami fizyko-chemicznymi włókienka mięsniowe. Ma to na celu upodobnienie preparatu białkowego do mięsa, aby mógł on być łatwiej wkomponowany w produkty mięsne. Mauron

przewiduje, że w najbliższej dekadzie ok. 10% wszystkich mięsnych produktów w krajach anglosaskich zastąpią teksturowane białka sojowe. Należy jednak podkreślić, że zagadnienia higieniczne stosowania tego typu żywności są jeszcze ciągle przedmiotem dyskusji.

Problem zastosowania w żywieniu ludzi jednokomórkowców (single cell protein-SCP), tj. bakterii, drożdży czy pleśni otrzymany na drodze fermentacji na n-parafinach, bądź innych odpadkowych podłożach, był rozważany od ponad 15 lat. Początkowo wiązano z tą produkcją duże nadzieje. Teraz wiadomo, że istnieją duże trudności zarówno natury technologicznej jak i żywieniowej. Trudności polegają m.in. na utrzymaniu stałości składu produkowanej biomasy, na przechodzeniu substancji obcych z podłoża do uzyskiwanych drobnoustrojów, a także z uwagi na wysoką zawartość kwasów nukleinowych w komórkach drobnoustrojów. Podawanie ludziom-wolontariuszom różnego typu SCP wywoływało często zaburzenia żołądkowe, jak również alergię skóry. Nie przewiduje się zatem znacznego zastosowania biomasy w żywieniu ludzi.

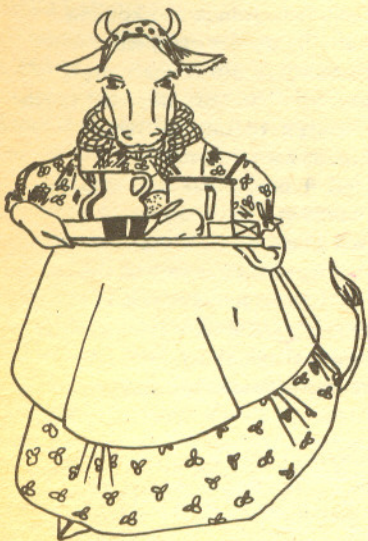
Podobnie glony (algi), np. *Chlorella*, niegdyś rozważane jako dobre źródło białka wyprodukowanego przy wykorzystaniu energii słonecznej, nie roją wielkich nadziei. Stwierdzono bowiem, że mają niską wartość żywieniową, a także przy zastosowaniu w większych ilościach są przez człowieka źle tolerowane. Jedynie zastosowanie *Spiruliny*, spożywanej tradycyjnie od setek lat w Meksyku, zostało w tym kraju przemysłowo rozwinięte z pomyślnymi rezultatami. Co się tyczy syntezy chemicznej różnych składników żywnościowych, to jest ona rozpowszechniona w odniesieniu do szeregu witamin, a także do niektórych aminokwasów, jak np. lizyny czy metioniny. Wyprodukowane składniki służą następnie do wzbogacania żywności. Rozpowszechnione jest np. wzbogacanie mleka i margaryn w witaminy A i D, chleba w niektóre składniki mineralne.

Wzbogacanie w aminokwasy białek celem podwyższenia ich wartości biologicznej jest rozpowszechnione głównie w przemyśle paszowym. W żywieniu ludzi dokonywano prób wzbogacania mąki w lizynę. Uważa się jednak, że dodatek naturalnych produktów wysokowartościowych, jak np. mleka czy białek serwatkowych do mąki powoduje wzajemne uzupełnianie się składu aminokwasowego białek w sposób bardziej odpowiedni dla człowieka. Należy tu podkreślić, że wzajemne uzupełnianie się białek ma ogromne praktyczne znaczenie. Niewielki dodatek wysokowartościowych białek zwierzęcych do odpowiednich kompozycji różnych białek roślinnych daje mieszaniny białkowe o wysokiej wartości odżywczej, które w sposób prawidłowy pozwalają pokryć zapotrzebowanie człowieka. Praktyczną realizacją tego zagadnienia jest spożywanie różnorodnych produktów w jednym posiłku.

W sferze badań teoretycznych jest synteza polipeptydów z amoniaku, wody i dwutlenku węgla. I jakkolwiek zostało otrzymane białko syntetyczne („protenoids”), a nawet dokonano prób żywienia nim zwierząt laboratoryjnych, to jednak nic jeszcze nie wiadomo zarówno o bezpieczeństwie stosowania go w żywieniu ludzi, jak też o ekonomicznej opłacalności produkcji.

Podsumowując należy stwierdzić, że w najbliższych dwóch dekadach główny nacisk położony jest na konwencjonalne źródła żywności, a w tym w głównej mierze na rozwój produkcji roślinnej. Niekonwencjonalna żywność może stanowić niewielki margines. Natomiast rozwiązanie problemu żywnościowego świata jest problemem niezmiernie złożonym i leży w sferze różnorodnych działań, wśród których tylko jednym z zagadnień jest powiększenie produkcji żywności.

Jak wyliczył Swaminathan (1973) na wyprodukowanie 1 kg białka ryżu w takich krajach jak Indie czy Indonezja zużywano w r. 1964 około 280 kcal (1,2 MJ), natomiast w tym samym czasie w USA na wyprodukowanie 1 kg białka pszenicy zużyto 2860 kcal (12 MJ), a do produkcji 1 kg białka wołowiny 6500 kcal (27,2 MJ). Określono, że gdyby w krajach rozwijających się skopiowano amerykańskie technologie produkcji żywności, to zasoby światowej ropy naftowej zostałyby zużyte w ciągu 20 lat.



Poprawiać naturę

Marek KUBIAK

Lekarze wspominają dziś coraz częściej o zjawisku „uzłośliwienia się” wielu niegroźnych dotąd chorób. Przyczyn takiego stanu rzeczy jest zapewne bardzo wiele. Jedną z nich — to utrata zdolności obronnych naszego organizmu, związana z postępującym osłabieniem całego ustroju; osłabieniem, za które w znacznej mierze odpowiada niewłaściwe odżywianie.

Nawozom sztucznym, stosowanym od lat na skalę przemysłową, zawdzięczamy kolosalny przyrost ilości żywności. Lecz za ilością daleko w tyle pozostała jej jakość. Zboża pędzone na maksymalnych dawkach trójskładnikowych nawozów sztucznych pozbawione są wielu niezbędnych do życia składników mineralnych. Lekarze każą nam ich szukać w owocach.

I rzeczywiście, dzięki owocom organizm nasz zdobywa deficytowe witaminy i sole mineralne, a wraz z nimi — liczne i raczej niepożądane związki chemiczne, pozostałości środków konserwujących lub przyspieszających dojrzewanie. Oto na przykład, aby pomidory szybko dojrzewały, tzw. badylarz wstawia skrzynki z zielonymi owocami do pomieszczenia, w którym pracuje silnik spalinowy. Tlenek ołowiu znajdujący się w spalinach powoduje szybkie zacerwienie się skórki pomidora. Zachodzi jednak przy tym reakcja chemiczna, której skutków nie można usunąć pod kranem. A ołów i wszystkie jego związki są dla organizmu silnie trujące. Teraz już potrzebne są nam lekarstwa.

W 1949 roku farmerzy amerykańscy przypadkowo odkryli, że antybiotyki dodawane do mieszanek paszowych znacznie przyspieszają tempo przyrostu wagi u hodowanych zwierząt. Jako stymulatory wzrostu antybiotyki zrobiły zawrotną karierę. Równie szybko pojawiły się pierwsze rezultaty ich powszechnego stosowania. W Japonii wybuchła epidemia paratyfusu, z którą lekarze nie mogli sobie poradzić. Antybiotyki okazały się bezskuteczne, bowiem ich zastosowanie w paszach spowodowało znaczny wzrost odporności bakterii. Dziś szpitale nieustannie donoszą o odkryciu coraz to nowych mutacji bakterii niemożliwych do zwalczania znanymi medycznie specyfikami. Co ciekawsze — badania wykazały, że nawet niewielkie dawki antybiotyku dodawanego do paszy odkładają się w kościach i w niektórych tkankach hodowanego zwierzęcia. Dawka nieznaczna w korycie — w mięsie kumuluje się, z każdym dniem narasta.

Rzecz jasna, lekarze od lat biją na alarm. W wielu krajach ich głos został poważnie potraktowany. Tam też zaczęto zastępować antybiotyki innymi związkami chemicznymi, których mechanizm działania jest jeszcze mniej znany. Zdarzyło się, że jeden z zachodnich producentów musiał nagle wycofać z rynku cieszący się wśród rolników dużym powodzeniem stymulator wzrostu, udowodniono bowiem, że ma on wyraźne właściwości rakotwórcze. Preparat ów, podobnie jak antybiotyki, odkładał się w mięsie zwierząt.

Problem odkładania się substancji chemicznych dodawanych do pasz wywołał niedawno skandal we Francji. Zarząd jednej z wielkich fabryk brojlerów zezwolił robotnikom na wynoszenie z zakładu niewykorzystywanych w produkcji nóżek i szyjek kurcząt. Idea oczywista — po co wyrzucać cenny surowiec, skoro pracownicy jadając codziennie darmowy rosół, będą mogli podnieść swoją stopę życiową. Nikt nie przypuszczał, że tak pięknie otwarty rozdział działalności socjalnej znajdzie finał na sali sądowej. Stroną skarżącą byli oszczędni pracownicy, którym nagle zaczęły rosnąć piersi. Okazało się, że hormon dodawany do pokarmu brojlerów w części odkładał się w mięsie kurczaka, a przede wszystkim w kregach szyjnych. Bulion z szyjek zawierał więc znaczną dawkę aktywnego stymulatora wzrostu. Spożywany codziennie — zadziałał zgodnie ze swoim przeznaczeniem.

Humanitarny Zarząd zapłacił swoim pracownikom słone odszkodowanie. I nadal karmi kurczaki hormonami, tyle tylko, że szyjki starannie wyrzuca. Bo poprawiać naturę jest niebezpiecznie, ale z drugiej strony — bardzo się oplaca.



Tlen — dar i źródło życia

Prof. dr

Władysław J. H. KUNICKI-GOLDFINGER,

Członek korespondent PAN

Tytuł artykułu jest pozornie paradoksalny — jeśli coś jest darem czegokolwiek, nie może być jego źródłem i vice versa. Ale paradoks jest tylko pozorny — tlen jest darem życia, jakie powstało trzy miliardy lat temu na Ziemi; jest też źródłem życia, jakie znamy teraz.

Ziemia powstała przeszło $4,5 \cdot 10^9$ lat temu. Pierwotna atmosfera utraciła wodór i hel, a w miarę wyzwalania gazów ze stygnącej skorupy ziemskiej i obniżania się temperatury, skład jej ulegał zmianie. Gdzieś $3,5-4,0 \cdot 10^9$ lat temu ustaliła się wtórna atmosfera, bogata w parę wodną (H_2O), metan (CH_4), amoniak (NH_3) z pewnymi ilościami CO_2 , N_2 oraz śladami wodoru i tlenu. Tlen jest wprawdzie po wodorze i helu najobficiej występującym we wszechświecie pierwiastkiem, ale ilość jego nie sięga nawet 1/10 procenta. Jest to pierwiastek chemicznie bardzo aktywny, a kowalencyjne wiązania tworzy łatwiej z wieloma innymi pierwiastkami, niż z drugim atomem O. Toteż tlen w atmosferze tworzył wiązania z wodorem i węglem. W postaci związku z wodorem — wody — po dalszym ochłodzeniu Ziemi dał początek hydrosferze. W litosferze występuje w postaci tlenków metali i związków pochodnych.

Praatmosfera Ziemi była więc mieszaniną gazową, beztlenową. W takiej beztlenowej atmosferze i hydrosferze przed $3,5-4,0 \cdot 10^9$ laty abiogenicznie powstawały związki organiczne. O słuszności tej hipotezy, wysuniętej przez amerykańskiego astronoma Ureya, angielskiego genetyka Haldane'a i rosyjskiego biochemika Oparina, świadczą liczne pośrednie obserwacje. Związki organiczne, z pewnością abiogenicznego pochodzenia, wykrywa się na sąsiadujących z nami planetach (Mars, Wenus, Jowisz), w kometach i meteoroidach, a także w pyłku międzygwiazdowym. Powstawanie licznych związków organicznych, również takich jak aminokwasy, nukleotydy, porfiryny itp., udowodniono eksperymentalnie in *redu* ującej

Nukleotydy — podstawowe składniki enzymów, zbudowane z cukru prostego, kwasu fosforowego i pewnej zasady.

Porfiryny — bardzo złożone układy, decydujące m.in. o działaniu hemoglobiny i chlorofilu. Odpowiedzialne za czerwony kolor krwi i zielony liści.

mieszaninie CH_4 , NH_3 , H_2O , CO_2 , N_2 , H_2 , przy dopływie energii promieniowania ultrafioletowego, wyładowań elektrycznych, rozpadu izotopów lub energii termicznej. Zgodnie też z poglądem Ureya przyjmuje się, iż pierwotna hydrosfera, stosunkowo bogata w CO_2 , lecz uboższa w fosforany, krzemiany, siarczany i gliniany niż dzisiejsza, gromadziła duże ilości związków organicznych. Ukuto też dla niej w żargonie naukowym termin „zupa Ureya”, o zawartości ponad 1%, a jak przypuszczają inni, nawet 10% związków organicznych.

W takiej „zupie Ureya” powstały prawdopodobnie pierwsze istoty żywe, a wśród nich już ponad 3 miliardy lat temu rozpleniły się formy podobne do dzisiejszych bakterii. Były to heterotroficzne beztlenowce, czerpiące pokarm w postaci gotowych, uprzednio abiogenicznie zsyntezowanych związków organicznych, a energię uzyskujące z mało wydajnego energetycznie procesu fermentacji. Elektrony, oderwane od utlenianego związku organicznego, są tam przenoszone na inny związek organiczny o zaledwie nieznacznie

wyższym potencjale redoks, wskutek czego ilość wyzwolonej energii jest mała.

Utlennianie — odrywanie elektronów od substancji chemicznej. Towarzyszy mu redukcja, czyli przyjmowanie elektronów przez inną substancję (np. tlen, ale niekoniecznie). Za towarzyszący tym procesom przepływ prądu odpowiedzialna jest pewna różnica potencjałów między substancją utlenianą i redukowaną. Odpowiednie potencjały, zwane potencjałami redoks, charakteryzują własności utleniająco-redukcyjne substancji.

Pomiędzy takimi beztlenowcami pojawiły się jednak z czasem formy, które nauczyły się, uzyskując nowe enzymy, przenosić elektrony z utlenianego substratu na związek mineralny o stosunkowo wysokim potencjale redoks, na węglany. Możliwe to było dzięki wytworzeniu przez nie takich przenośników elektronów, jak nukleotydy flawinowe, chinony i cytochromy. Przeniesienie elektronów pomiędzy związkami

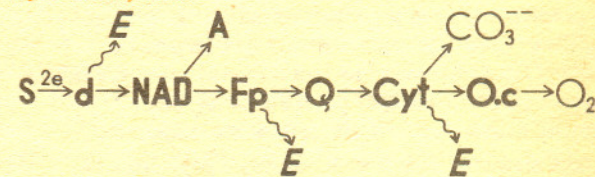
Nukleotydy flawinowe, chinony, cytochromy — złożone związki organiczne zawierające z reguły kilka pierścieni, spełniają rolę enzymów (np. ryboflawina — witamina B_2), przenosząc elektrony z jednej substancji na drugą. Działają specyficznie pośrednicząc między określonymi substancjami, co powoduje, że gwałtowny charakter spalania wodoru na wodę przebiega powolnymi etapami.

o dużej różnicy potencjałów redoks wyzwalano znacznie więcej energii. Był to nadal proces beztlenowy, tlenu bowiem ani w atmosferze, ani w wodach nie było, a raczej były tylko jego ślady.

Tlen powstawać może i abiogenicznie w procesie nazywanym fotolizą wody. Przy naświetlaniu pary wodnej promieniami ultrafioletowymi o długości fali mniejszej niż 250 nm, cząsteczka wody ulega rozpiciu na tlen i wodór. W epoce historii Ziemi, o jakiej mówimy, promienie ultrafioletowe takiej długości docierały do powierzchni Ziemi bez przeszkód, bowiem składniki praatmosfery, np. H_2O i CO_2 , pochłaniają jedynie promieniowanie krótsze, o fali poniżej 180–200 nm. Pewne ilości tlenu powstawały zatem abiogenicznie. Gdy jednak stężenie tlenu w atmosferze sięgnęło 1/100 obecnej jego zawartości (ca 0,2%), wytwarzał on dostatecznie grubą warstwę ochronną, odcinając promienie o długości fali poniżej 280 nm. Tlen nie dopuszczał zatem promieni, które mogły powodować fotolizę wody, a w konsekwencji proces ten ulegał zahamowaniu. Tlen, jak wspominaliśmy, jest bardzo czynny chemicznie — łączył się z metalami skorupy ziemskiej tworząc tlenki, w wyniku czego ilość jego spadała. Gdy spadła poniżej 0,2%, ponownie rozpoczynała się fotoliza wody, trwająca tak długo, dopóki stężenie jego nie osiągnęło znowu granicznej wartości. Pewne ilości tlenu znajdowały się więc wtedy w atmosferze i wodach, ale były minimalne, wahając się poniżej 0,2%.

Beztlenowe bakteriopodobne heterotrofy wyczerpywały jednak stałe zapas związków organicznych, zgromadzonych w wyniku abiogenicznej syntezy. Dalsza kontynuacja życia zależała więc od uruchomienia nowego szlaku metabolicznego, opierającego się na wykorzystaniu zawsze dostępnego nieorganicznego źródła węgla — dwutlenku węgla. Heterotroficzne beztlenowce wyżyły już jednowęglowe związki organiczne, jak metan, metanol, formol.

Metanol, formol — alkohole, substancje pokarmowe ulegające utlenieniu w procesie oddychania.



S — substrat oddechowy (związek organiczny)

d — enzym odłączający elektrony (dehydrogenaza)

NAD, Fp, Q, Cyt, O.c — przenośniki elektronów (nukleotyd adeninowy, flawoproteina, chinon, cytochrom, oksydaza cytochromowa)

A — związek organiczny będący akceptorem elektronów (np. CH_3CH_2CHO w fermentacji alkoholowej)

CO_3^- , O_2 — akceptory w oddychaniu odpowiednio beztlenowym i tlenowym

e — elektron

E — energia

Istniały więc szlaki włączania do przemian komórkowych jednowęglowych związków. Komórki zawierały też już porfiry i różne przenośniki elektronów. Jakaś mutacja, przez szczęśliwy przypadek, doprowadziła do włączenia magnezu w porfiry, do wytworzenia chlorofilu. Z chlorofilu pod wpływem światła wybijane są elektrony. Przeniesienie tych elektronów na jakiś akceptor przez już istniejące w komórce przenośniki pozwala na uzyskanie dużych ilości energii. Część tych elektronów poprzez przenośniki wraca do chlorofilu w procesie cyklicznym. Część jest jednak zużywana na redukcję produktu, jaki powstaje przez włączenie do przemian komórkowych utlenionego związku węglowego, CO_2 . Ponieważ tylko część elektronów wraca do chlorofilu, pozostaje on w stanie utlenionym, nieczynnym. Do jego redukcji pierwsze bakteryjne fotoautotrofy wykorzystywały znajdujące w środowisku substancje redukujące: wodór, siarkowodór i inne zredukowane związki siarki. Około 3 miliardy lat temu pojawiły się na Ziemi te pierwsze, beztlenowe fotoautotrofy bakteryjne, zależne od obecności substancji redukujących w otoczeniu. Stało się możliwe życie bez zaopatrzenia w związki organiczne, ale jedynie przy dopływie niezbyt powszechnie spotykanych reduktorów, jak H_2 , H_2S , S itp.

Wtedy doszło w historii życia do największego przełomu — kilka nowych mutacji umożliwiło fotoautotrofom wykorzystanie jako substancji redukującej wszędzie dostępnej wody. Substancje redukujące chlorofil same przy tym ulegają utlenieniu — H_2 utlenił się na wodę, zredukowane związki siarki — na kwas siarkowy. Woda, utleniając się, wytwarza wodę utlenioną, jaka pod wpływem katalazy rozpada się na wodę i tlen. Uzyskanie

Katalaza — enzym katalizujący rozpad trującej wody utlenionej.

zdolności do korzystania z wody jako reducenta nie tylko uniezależniło fotoautotrofy od wyjątkowo jedynie spotykanych reduktorów, ale stało się źródłem produkcji tlenu. Tymi pierwszymi tworzącymi tlen fotoautotrofami były pewnie prasinice. Skamieliny ich znajduje się w szlifach skał sprzed $2,5 \cdot 10^9$ lat i nieco starszych.

Do powierzchni Ziemi docierały wtedy jednak bez przeszkód promienie ultrafioletowe, zabójcze dla istot żywych. Przenikały one również w głąb wody i, jak sądzą Berkner i Marshall, dopiero 10 m poniżej powierzchni wody możliwe było życie.

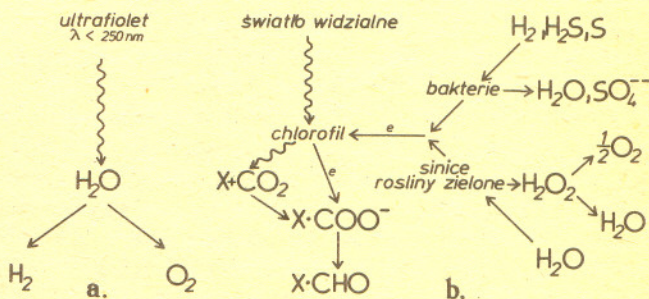
Ukształtowanie powierzchni Ziemi w owych epokach nie jest dla nas w pełni jasne. Niektórzy sądzą, że istniały wtedy lądy, przybrzeżne płytkie szelfy, zalewiska i śródlądowe płytkie zbiorniki. Inni, mniej liczni, jak np. Hargraves, sądzą, że powierzchnia Ziemi pokryta była wówczas oceanem. Warunki sprzyjające rozwojowi życia, a zwłaszcza fotoautotrofów, istniały wtedy tylko w płytkich zbiornikach wodnych. Otwarty ocean, wskutek silnej turbulencji wody, stwarzał znacznie gorsze warunki rozwoju życia. Toteż proces rozwoju tworzących tlen fotoautotrofów był powolny. Powoli też gromadził się tlen w atmosferze. Pierwsze pokłady siarczanów pochodzą sprzed około $2 \cdot 10^9$ lat, osady utlenionych związków żelaza nawet z nieco późniejszego okresu. Szacuje się, że 1/100 obecnego stężenia tlenu, tj. ca 0,2%, zgromadziło się nieco przed 2 miliardami lat. Mniej więcej na tym poziomie zawartość tlenu utrzymywała się przez następne pół miliarda lat, zachodziło bowiem wtedy silne utlenianie składników lito- i hydrosfery.

Nawet taka niewielka ilość tlenu umożliwiawała pojawienie się nowego, tlenowego typu oddychania, w jakim elektrony odywane od substratu przenoszone są przez liczne przenośniki aż na tlen, wyzwalając maksymalne możliwe ilości energii.

Wskutek stałej działalności prasinic i sinic tlen wytwarzany jednak był stale i gdzieś około 600 milionów lat temu, może nieco dawniej, stężenie jego wzrosło do około 1%. Miało to dwa dramatyczne skutki. Po pierwsze, warstwa tlenu i powstającego

zeń ozonu zatrzymywać zaczęła już tak dużą część ultrafioletu, iż możliwe stało się życie w powierzchniowych warstwach wody. Po drugie — przy takim stężeniu tlenu mogły już funkcjonować większe tkankowe organizmy tlenowe, a nie tylko bakterie, które z uwagi na swoje nikłe rozmiary i rodzaj metabolizmu mogły się zadowalać śladami tlenu. Powstały wtedy glony zielone, wytwarzające także tlen. Gdy zawartość tlenu sięgnęła 10%, warstwa tlenu i ozonu zatrzymywała już tyle promieni ultrafioletowych, iż żywe istoty mogły wyjść na ląd. Zdarzyło się to około 400–500 milionów lat temu. Tlen, którym oddychamy i dzięki któremu zielenią się lasy i pola i rozbrzmiewają życiem zwierząt, zawdzięczamy więc w całości fotosyntezie tlenowej, rozpoczętej kiedyś przez sinice, a kontynuowanej przez rośliny zielone. Co nie oznacza, że zawartość tlenu zawsze utrzymuje się w atmosferze na tym samym poziomie. Fotosynteza tworzy tlen, zużywa CO_2 . Pomiedzy zawartością tych dwóch składników atmosfery istnieje pewna zależność. Silny rozwój fotoautotrofów prowadzi do wzrostu ilości tlenu, ale zuboża środowisko w CO_2 . Otóż CO_2 , poza tym, że jest pokarmem dla roślin, a pośrednio dla wszystkich istot żywych, odgrywa rolę podobną do szklanej szyby lub folii w cieplarni: zapobiega wypromieniowaniu ciepła przez Ziemię. Mówimy dlatego, że dwutlenek węgla wywiera efekt „szklarniowy”, zapobiegając utracie ciepła przez Ziemię i podwyższając temperaturę na jej powierzchni. Zmniejszenie zawartości dwutlenku osłabia ten efekt. W rezultacie obniża się temperatura. Obniżenie temperatury zwalnia procesy życiowe, w tym i fotosyntezę. Zahamowanie fotosyntezy zmniejsza zużycie dwutlenku węgla, a dzięki stałemu jego dopływowi z procesów rozkładu i oddychania zawartość jego ponownie wzrasta. W miarę podnoszenia się ilości CO_2 nasila się efekt szklarniowy, ponownie wzrasta fotosynteza i cały cykl zaczyna się od nowa. Niektórzy badacze powtarzające się w historii Ziemi okresy ochłodzenia i zlodowacenia wiążą z takimi cyklami.

Człowiek, przez swoją działalność techniczną, nie wpływa w zasadzie na zawartość tlenu, którego zapas w atmosferze jest duży, choć może — niewykluczone — zagrozić ochronnej warstwie ozonu. Prawdopodobnie może jednak zmodyfikować zawartość CO_2 . Ewentualne efekty są jednak bardzo niejasne. Spalanie dużych ilości ropy, gazu i węgla zwiększa zawartość CO_2 . Z drugiej jednak strony niszczenie lasów, zwłaszcza tropikalnych, których zwykle nie można zastąpić polami uprawnymi, może zmniejszać zużycie CO_2 w fotosyntezie. Zapylenie atmosfery i stratosfery może zmienić ilości promieniowania docierającego na Ziemię i wpłynąć również na efekt szklarniowy. Przyszły bilans naszych obecnych technicznych poczynań nie jest zatem jasny. Ludzkość ma wiele, bardziej bezpośrednio ważnych problemów, ale dobrze jest uświadomić sobie, że działalność nasza może ewentualnie jako zmodyfikować podstawowe warunki naszego życia — przez wpływ na skład atmosfery



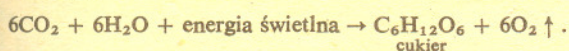
Pochodzenie tlenu
a) fotoliza wody b) fotosynteza
X — związek organiczny, do którego przyłączany jest CO_2

Czy zagraża nam niedobór tlenu we wdychanym powietrzu

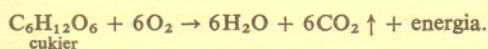


Doc. dr Antoni KOZIOROWSKI

Dla większości żywych organizmów tlen jest pierwiastkiem niezbędnym do życia. Brak wolnego tlenu we wdychanym powietrzu prowadzi do śmierci człowieka w ciągu około dwóch minut. Tlen odgrywa istotną rolę w podstawowym procesie biologicznym stanowiącym właściwość istot żywych — w oddychaniu. Procesy przemian tlenowych, to jest „spalania biologicznego” są głównym źródłem energetycznym ustroju. Dla wyzwolenia tej energii potrzebny jest tlen molekularny, który pobierany jest z atmosfery w procesie wymiany gazowej. Tlen jest jednym z najbardziej rozpowszechnionych pierwiastków na Ziemi. Zawartość tlenu chemicznie związanego w skorupie ziemskiej wynosi prawie 50%. Tlen molekularny jest jednym z dwóch głównych składników atmosfery ziemskiej. Do wysokości ok. 70 km nad poziomem morza udział tlenu w składzie chemicznym atmosfery jest stały i wynosi 20,95%. Nie zależy to od położenia geograficznego. Odsetkowa zawartość tlenu jest taka sama na biegunach ziemskich i na równiku. Pomimo stałej zawartości odsetkowej liczba cząsteczek tlenu w jednostce objętości powietrza zmienia się w zależności od wzniesienia ponad poziom morza. Jest to konsekwencją mniejszej gęstości atmosfery na większych wysokościach. Stałość stężenia tlenu w atmosferze ziemskiej jest zadziwiająca pomimo zużywania ogromnych i coraz to większych ilości tego gazu przez współczesną cywilizację. Brak jest dotychczas danych, które świadczyłyby o tym, że tlen w atmosferze ubywa lub że takie niebezpieczeństwo może się pojawić w dającej się przewidzieć przyszłości. Nie wiadomo na pewno skąd pochodzi i w jaki sposób odnawia się tlen atmosferyczny w obecnej epoce geologicznej. Hipoteza uważana obecnie za najbardziej prawdopodobną zakłada, że obecność wolnego tlenu w atmosferze ziemskiej zależy od działalności świata roślinnego. W procesie fotosyntezy stanowiącym właściwość roślin uwalnia się tlen cząsteczkowy. Proces ten zależy głównie od zielonego barwnika roślin, to jest chlorofilu, który pochłania energię promieniowania świetlnego Słońca i zamienia ją na energię chemiczną. Substratem tej reakcji jest dwutlenek węgla pobierany przez rośliny z powietrza atmosferycznego oraz woda pobierana z gleby. W procesie fotosyntezy CO_2 ulega redukcji do poziomu węglowodanów przy udziale energii świetlnej Słońca zgodnie z równaniem:



Procesem odwrotnym do fotosyntezy jest oddychanie. W procesie tym powstaje woda przez wiązanie się tlenu z wodorem pochodzącym z substratów energetycznych cukru, przy czym uwalnia się dwutlenek węgla i wolna energia konieczna do funkcjonowania ustroju:



Jeśli hipoteza zakładająca, że tlen atmosferyczny zależy od działalności roślin jest słuszna, to można by się obawiać, że w miarę szybko postępującego niszczenia świata roślinnego przez

cywilizację ludzką i zużywania coraz to większych ilości tego gazu przez przemysł, ilość tlenu w atmosferze ziemskiej będzie się zmniejszać. Dotychczas brak jeszcze dowodów na to, że tak jest istotnie. Nasze pokolenie i zapewne wiele jeszcze następnych może się nie obawiać braku tlenu. Wbrew rozpowszechnionemu przekonaniu w wyjątkowych tylko okolicznościach bywamy narażeni na niedobór tlenu we wdychanym powietrzu. Nie brakuje go również w zamkniętych pomieszczeniach, w których żyją i pracują ludzie, np. w mieszkaniach, halach fabrycznych itp. Duszność odczuwana przez wielu ludzi w źle wietrzonych pomieszczeniach nie zależy od braku tlenu, lecz od zmian fizycznych powietrza, takich jak temperatura lub od obecności w powietrzu pyłów i gazów drażniących nerwowe zakończenia czuciowe w drogach oddechowych. Ustrój człowieka nie rozporządza naturalnym układem wczesnego ostrzegania o braku tlenu. Dwukrotnie nawet zmniejszenie ilości tlenu w powietrzu może być niezauważalne.

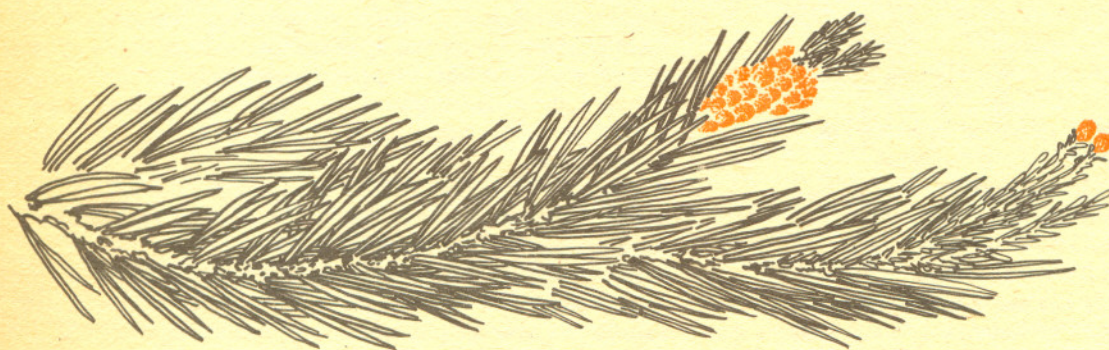
W działalności zawodowej człowieka występuje niekiedy niebezpieczeństwo niedoboru tlenu w powietrzu. W kopalniach mogą uwalniać się gazy nieobecne w powietrzu nad powierzchnią ziemi, co może zmniejszać odsetkową zawartość tlenu. Znany jest również niedobór tlenu w powietrzu kopalnianym wskutek intensywnego jego wiązania w procesach chemicznych towarzyszących zjawisku tak zwanej czarnej mgły. W tych warunkach wdychany gaz składa się głównie z dwutlenku węgla i azotu. Przebywający tam wówczas ludzie giną z braku tlenu, jeśli nie mogą skorzystać z dodatkowych źródeł tego gazu, np. przewodów ze sprężonym powietrzem lub aparatów tlenowych. Niebezpieczeństwo niedoboru tlenu może być niekiedy związane z wypadkami w lotnictwie, podczas nurkowania lub pływania w łodziach podwodnych, lecz zwykle w tych okolicznościach ludzie giną wcześniej z przyczyn innych niż niedobór tlenu. Z powyższych rozważań wynika więc, że narażenie na działanie niedostatecznej ilości tlenu we wdychanym powietrzu zależy od współczesnej cywilizacji technicznej dotyczy stosunkowo niewielkiej liczby osób wykonujących specjalne czynności. Stopień narażenia tych ludzi można dokładnie przewidywać i zawnazu zastosować indywidualne lub zbiorowe instalacje zapobiegające brakowi tlenu we wdychanym powietrzu. Instalacje takie są produkowane, a ich stosowanie jest przewidziane w zasadach bezpieczeństwa i higieny pracy.

Obecnie nie ma potrzeby masowego produkowania indywidualnych urządzeń do pomiaru i ostrzegania o niedoborze tlenu w otaczającym nas powietrzu, chociaż jest to już problem technicznie całkowicie rozwiązany i nie wymagający dużych nakładów finansowych. Przykładem takich urządzeń jest polarograficzna elektroda tlenowa, która wraz z układem zasilającym i pomiarowym może mieć tak niewielki ciężar, iż może się łatwo mieścić w kieszeni. Odnacza się ona dużą swoistością odpowiedzi, szybkością oraz dokładnością pomiarów. Bywa szeroko wykorzystywana do celów medycznych i technicznych.

Współczesny człowiek najczęściej doświadcza niedoboru tlenu we wdychanym powietrzu w związku z podróżami lub pobytem na dużych wysokościach: w wysokich górach lub wyżynach. Na wysokości 4700 m nad poziomem morza ciśnienie barometryczne wynosi już tylko pół atmosfery, a więc prężność tlenu jest tam dwa razy mniejsza. Na wierzchołku najwyższej góry świata Mt Everest ciśnienie atmosferyczne jest nieznacznie tylko wyższe od jednej czwartej atmosfery. Jest tam więc blisko czterokrotnie mniej tlenu niż na poziomie morza. Pomimo że na tej wysokości człowiek niezaadaptowany ginie w ciągu niewiele minut z niedoboru tlenu, to jednak osoby wyjątkowo zdrowe i dobrze zaadaptowane mogą przebywać tam przez wiele godzin, o czym świadczy sukces wyprawy na tę górę alpinistów austriackich w 1978 r., którzy postanowili zdobyć Mt Everest bez aparatów tlenowych i cel ten osiągnęli.

Ustrój człowieka rozporządza licznymi i wielostopniowymi mechanizmami wyrównującymi i chroniącymi przed niedoborem tlenu. Ciekawe jest, że te utrwalone genetycznie mechanizmy wytworzyły się zapewne w warunkach obfitości tlenu w powietrzu atmosferycznym. Gatunek *Homo sapiens* ukształtował się zapewne na obszarach niżowych kuli ziemskiej. Nie ma też żadnych danych, które przemawiałyby za tym, iż kiedykolwiek w dziejach gatunku ludzkiego i innych zwierząt wyższych mógł

występować niedobór tlenu atmosferycznego. Pomimo tego mechanizmy adaptacji fizjologicznej do niedoboru tlenu są tak skuteczne, że człowiek może przez wiele lat lub nawet przez całe życie przebywać na wyżynach przekraczających 4500 m nad poziomem morza gdzie, jak już wspomniano, tlenu jest blisko dwa razy mniej. Na takich wysokościach znajdują się liczne osiedla ludzkie, np. w Tybecie lub w Andach. Wspomniane wyżej mechanizmy przystosowawcze wytworzyły się zapewne wskutek tego, iż hipoksja czyli niedobór tlenu dostępnego do oddychania występuje często z przyczyn wewnątrzustrojowych, to jest wskutek niedostatecznej funkcji narządu zapewniającego pobieranie tlenu atmosferycznego przez ustrój — płuc oraz narządu zapewniającego wewnątrzustrojowy transport tlenu — układu krążenia wraz z krwią. W rzeczywistości niedostateczny pobór tlenu atmosferycznego w płucach lub niedostateczny jego transport w ustroju pojawia się często w życiu człowieka i to nie tylko w chorobach płuc, serca i krwi, lecz również w stanach fizjologicznych jak np. w okresie porodu. Mechanizmy obrony przed hipoksją z przyczyn wewnątrzustrojowych okazały się równie skuteczne w przeciwdziałaniu następstwom niedoboru tlenu we wdychanym powietrzu np. wskutek niskiego ciśnienia atmosferycznego na dużych wysokościach.



Zadania

Redaguje mgr Krzysztof NOWIŃSKI

M 190. Na płaszczyźnie dana jest prosta k i punkt O nie należący do niej. Pokazać, że dla każdego punktu M należącego do k symetralna s odcinka OM jest styczna do paraboli p o ognisku O i kierownicy k .

Uwaga: Daje to „konstrukcję” paraboli przez zginanie kartki papieru. Jeśli prosta k jest brzegiem tej kartki, to zginając papier tak, aby brzeg padł na punkt O , otrzymamy linie zgięcia styczne do paraboli p .

Rozwiązanie na str. 17

M 191. Wiedząc, że $3,16 < \sqrt{10} < 3,17$ obliczyć, wykonując najwyżej trzy działania arytmetyczne, wartość $\sqrt{10}$ z dokładnością $2 \cdot 10^{-5}$.

Rozwiązanie na str. 17

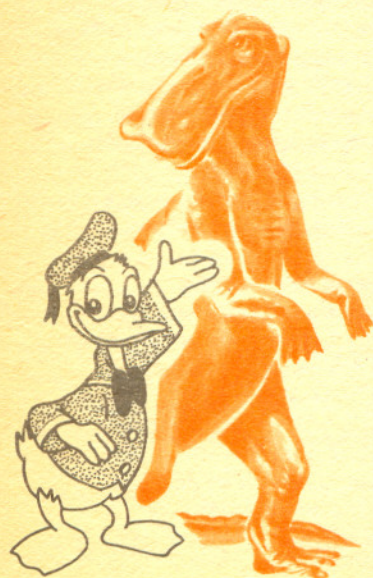
M 192. Łańcuchem o długości k w zbiorze A nazywamy ciąg podzbiorów $\phi = A_0 \subset A_1 \subset \dots \subset A_k = A$. Ile jest różnych łańcuchów o długości k w zbiorze n -elementowym?

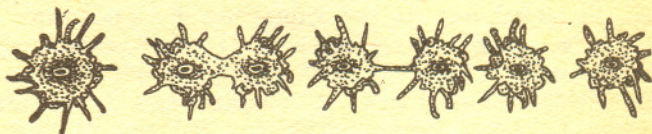
Rozwiązanie na str. 17

Redaguje dr Halina ABRAMOWICZ

F 64. Woda wypływająca z kranu tworzy lejek o zmniejszającej się średnicy. Wyznaczyć obserwowany kształt strumienia wody traktując wodę jako ciecz nieściśliwą i zakładając, że dostatecznie daleko od brzegu kranu przepływ jest ustalony (rozkład prędkości cieczy zależy tylko od położenia, nie zależy od czasu).

Rozwiązanie na str. 17





17/19

Komórki dzielą się na 2, na 4, na 8 itd. Wygląda to na beztrioską zabawę, a jednak beztrioską zabawą nie jest. Rezultatem jest praktyczne rozwiązanie zadania, o wielkiej liczbie danych, z których ani jednej nie można pominąć. Komórki, rzecz jasna, umieją także ginąć. Zginać lub się rozmnożyć jest zarówno treścią, jak metodą rozwiązania, z pozoru ubogą, a przecież tak skuteczną, że nie sposób prawie uwierzyć w to ubóstwo środków.

W tym zadaniu wypadało rozważyć powierzchnię globu, ilość wody w atmosferze i w podłożu, skład atmosfery i ilość promieniowania słonecznego z uwzględnieniem zmian spowodowanych już to porą roku, już to godziną, a nawet uformowaniem terenu. Należało to wszystko uzależnić od temperatury, z zastrzeżeniem, że wszystko, co ma sens, mieści się gdzieś w przedziale od 4° do 45° . Należało uwzględnić skład podłoża, jego konsystencję i porowatość, a także około dziesiątka czynników nie mniej istotnych, dla których wyrażenia nie dysponujemy, jak dotąd, żadną możliwością. Należało sprawdzić wszelkie liczby graniczne i tu przyłożyć główny wysiłek wynalazczy. Należało dokonać szeregu spostrzeżeń całkiem nowych i całkiem nie do pojęcia dla wszystkiego, co obdarzone indywidualnym bytem i jednostkowym rozumem, co nie jest tym samym zdolne ani do altruizmu, ani do tolerancji.



„Mówiło o wykorzystanie globu pod względem żywnościowym, o wykorzystanie możliwie najpełniejsze i najdoskonalsze, nie po to, aby wyżywić siebie czy pewną ilość osobników sobie podobnych, a po to, by wyżywić najwięcej. Tyle było zatrudnień Światowego Laboratorium wraz z jego ośrodkiem obliczeniowym, laboratoriami wdrożeniowymi i biurami konstrukcyjnymi.

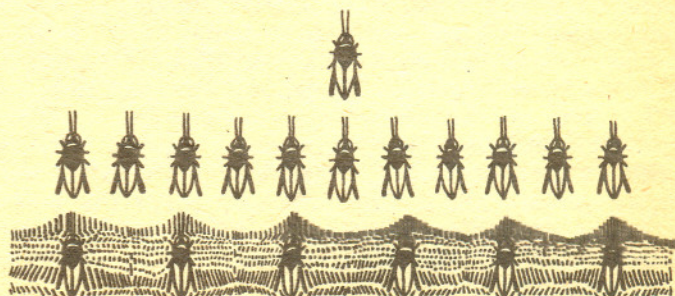
Ktoś mógłby przy tym powiedzieć — nie widzę tu nic, poza jakimś grzybkim czy kłaczkiem. Ktoś mógłby zdrapać paznokciem jakiś system i przenieść go w inne miejsce, nic by to zresztą nie zaszkodziło, gdyż w nowym miejscu podjęto by badania z tą samą energią nie troszcząc się o biurowce, pensje i warunki socjalne. Zatrudnienia człowieka były inne.

W tym czasie zaprzestano badań nad dewastacją środowiska naturalnego, zaprzestano badań nad zanieczyszczeniem globu, atmosfery, ba, nawet kwestia wykorzystania glonów jako perspektywicznego źródła pokarmu dla przyszłych pokoleń i poważniejsza stokroć obawa przed głodem tlenowym zeszły na drugi plan. Pojawiła się bowiem nowa plaga. Plagę tę stanowił porost, niewielkich rozmiarów, ot, gdzieś od 10 mm do 10 cm, zielony, dla człowieka niejadalny, ze względu na mdlący smak, posiadający zupełnie niewiarygodne możliwości ekologiczne dzięki dwóm cechom: a — umiejętności magazynowania wielkiej ilości wody, b — rośnięcia wszędzie tam, gdzie dociera promieniowanie słoneczne.

(Porost ten w rzeczywistości posiada szereg innych, ogromnie ciekawych cech, z których, rzecz jasna, nie wszystkie nas w ogóle obchodzą, a wielu nie rozumiemy po dziś dzień).

Ówczesnego człowieka obchodziła tylko jedna właściwość porostu — mianowicie jego plenność i zdolność do wyrastania wszędzie tam, gdzie, zdaniem ówczesnego człowieka, nic rosnąć nie powinno.

Na początku, rzecz jasna, wiele osób napisało listy do gazet, a korespondencja ta czy raczej to, co z niej zostało, jest po dziś dzień ważnym źródłem informacji dla współczesnych badaczy przeszłego wyglądu miast. Skargi dotyczą zjawisk często dla nas niezrozumiałych, zarzuty pod adresem służb porządkowych, pogroźki i wymysły, zabawne próby uwarunkowania nowym, niepojętym zjawiskiem, moralności, zdrowia człowieka, zjawisk społecznych i cywilizacyjnych. Wizje klęsk, do których podobne miały spowodować wcześniej motoryzacja czy komputeryzacja, a w czasach nam bliższych ... nie, nie mam zamiaru ściągać gromów na własną głowę ani przysparzać kłopotów szacownemu piśmie, z którego łamów mam zaszczyt korzystać.



Z czasem redakcje przestały kierować tego rodzaju listy do instytucji kompetentnych, potem okazało się, że trudno właściwie wskazać kompetentnego w tej sprawie.

Rzucono się dość chaotycznie do akcji: trawiono, szorowano i zdrapowano. Wynajdywano najrozmaitsze środki chemiczne, mechaniczne i biologiczne (te ostatnie reklamowano jako mniej szkodliwe), naiwnym wciskano przeróżne proszki, maście i kadzidła, od których zapachu pękała skóra na ciele ludzkim, a których skuteczność była minimalna lub zgoła zerowa.

Specjaliści od ochrony środowiska uaktywnili się ponownie zaalarmowani groźbą jaka zawisła nad każdym kwietnikiem, trawnikiem czy drzewem (w owych czasach odpowiedniki naszych ogródków mieszkaniowych znajdowały się na ulicy i były odpowiednio większe — obj. autora). Drzewa porośnięte grubym kożuchem porostu ginęły i nic już nie miało urozmaicać monotonii miejskich ulic i placów. (Girland i altan ulicznych jeszcze wówczas nie robiono — obj. autora). Postarano się także o przebadanie zagadnienia od strony naukowej. Takie dzieła jak: „Inkubacyjna charakterystyka ciepłownictwa miejskiego”, „Zawartość dwutlenku węgla jako korelat wzrostu prymitywnych organizmów roślinnych” i temu podobne stwarzały naukowe podstawy w walce z plagą.

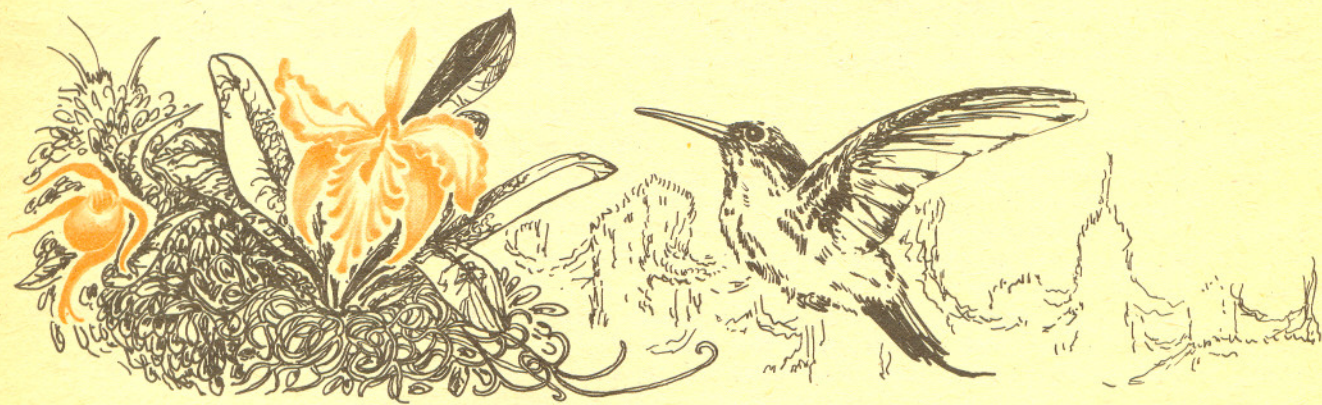
I jak zwykle okazywało się, że można zlikwidować niepożądane zjawisko, co więcej, że zrobić to łatwo, pod warunkiem rezygnacji z całego zespołu zjawisk uznanych za pożądane.

W dużym skrócie wyglądało to tak, że gdyby miasta nie były nasłonecznione lub gdyby nie produkowały zanieczyszczeń atmosfery, lub gdyby nie były lepiej ogrzane, to pozostałe czynniki można by zaniedbać, tu i ówdzie jeszcze podtruć czy odskrobać i byłoby całkiem dobrze.

Nie można jednak nie docenić doniosłości tych opracowań, już choćby dlatego, że dzięki nim złagodzone ostre przepisy antyinfekcyjne dotyczące środowisk miejskich. (Można sobie wyobrazić, jak rygorystyczne były te przepisy w spanikowanym, nie rozumiejącym zagadnienia społeczeństwie — dość powiedzieć, że w pewnej miejscowości wydano zarządzenie, iż mieszkańcom miasta wolno wejść na podmiejskie tereny „1 — wyłącznie pieszo, 2 — bez żadnych bagaży, przedmiotów użytku osobistego itp. pochodzenia miejskiego, 3 — w kombinezonie ochronnym odkazanym w specjalnej komorze, 4 — w masce gazowej”).

Dziś, kiedy wiemy, że porost gęszczy zasiewy tylko tam, gdzie warunki lokalne zbliżają się do miejskich z powodu nagromadzenia zakładów przemysłowych, ośrodków turystycznych czy nadużycia środków chemicznych przez nierozsądnych rolników, przepisy takie mogą nas wyłącznie dziwić. Trzeba sobie jednak uzmysłowić różnicę pomiędzy owym czasem a współczesnością i nade wszystko uwzględnić bezmiar niewiedzy i bezsilności ówczesnych administratorów i zarządców.

Dziś wiemy, że w lesie i na polach porost nie wytrzymuje konkurencji ze starszymi formami roślinnymi, że w wielu okolicach po prostu nie występuje. Choć i dziś są oczywiście pesymiści oczekujący dalszej inwazji. Kiedy jednak okazało się, że budulec dostarczony na nowe inwestycje jest już porośnięty grubą warstwą zieleni, kiedy okazało się, że nowo założony neon widoczny będzie najwyżej przez tydzień (używano wówczas do oświetlania ulic lamp podobnego typu, jakimi dziś oświetlamy pomieszczenia zamknięte — obj. autora), kiedy szyby domów mieszkalnych przybrały miły dla oka zielonkawy kolor, ludzie zaczęli pomaleńku przywykać. Miasto stało się zielone, ciemne i ciche, aż dziw, że można było wytrzymać inny stan rzeczy.



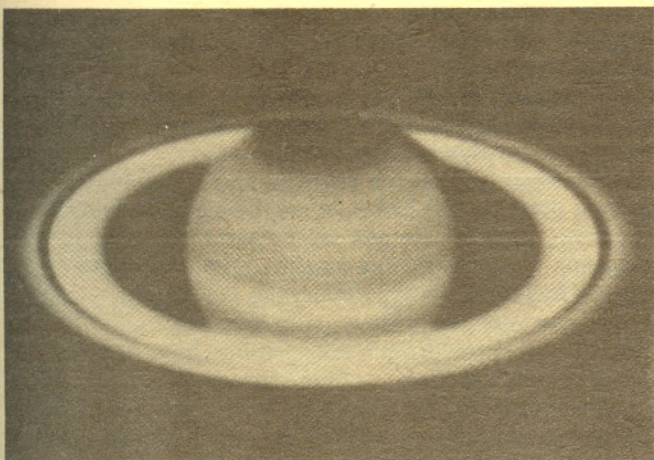
Okazało się z czasem, że ma to swoje zalety. Pomniki przypominać zaczęły zielone, pluszowe misie — (kiedyś to okropnie raziło — tak jest, moi drodzy!) i nabrały owego sielskiego sympatycznego wyglądu, do jakiego jesteśmy przyzwyczajeni. Odkryto możliwość wydrapywania na murach haseł, już to budujących, już to nieprzyzwoitych (nie znano jeszcze metod barwienia porostu na różne kolory i te pierwsze produkcje operowały wyłącznie kontrastem jasnej zieleni młodego porostu z ciemnozielonym tłem — może nie było to takie złe, westchnie niejeden esteta, któremu na domu wyrysowano to i owo jaskrawym karminem). Z czasem stwierdzono również, że porost nie jest taki niesmaczny, jakby się z pozoru zdawało i wiele zwierząt przestawiło się gładko i bez straty dla zdrowia na dietę wyłącznie porostową. (Należałoby przy okazji nadmienić, że dla człowieka dieta taka nie może być uznana za wystarczającą i fakt, iż wiele osób od lat odżywia się prawie wyłącznie porostem nie pozostaje bez skutku dla ich zdrowia, musimy stanowczo przeciwdziałać takiemu stanowi rzeczy, szczególnie kiedy dotyczy on dzieci i osób słabszych i chorych, — a także przestrzegać przed spożywaniem farbowanych porostów — gdyż te ostatnie są bardzo szkodliwe).

W rezultacie człowiek przyzwyczał się, podobnie jak przyzwyczał się wcześniej do kurzu, grypy, much, pleśni i stonki ziemniaczanej. Ten i ów zaklnie, gdy obrośnie mu na zielono bielizna susząca się zbyt długo na balkonie. Nie odczuwamy też specjalnej wdzięczności, bo niby za co? Jakiś cień zrozumienia czy uznania dla rozwiązanej, a bądź co bądź niebłahej kwestii można wprawdzie tu i tam zaobserwować, dotyczy to jednak osobników chimerycznych i niepoważnych, z którymi w ogóle niełatwo się porozumieć. Trzymam w ręku nowo wydany tomik poezji. Jego tytuł przywodzi pewne skojarzenia z omawianą tu kwestią, brzmi bowiem: „Miasto — zielone płuco świata”. Zawartość tomiku jednak — rozczarowuje. Mowa tam przeważnie o wódce i dziewczętach.

Opracował Józef CIEŚLA



Patrz w niebo

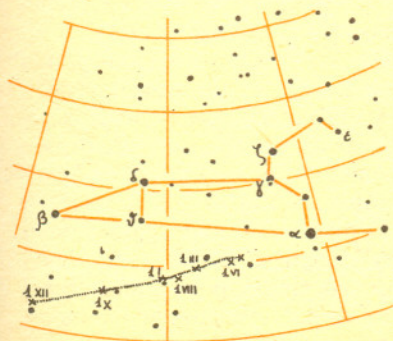


Brakowało jednej gwiazdy? Każdy, kto porównał mapkę gwiazdozbioru Lwa zamieszczoną w poprzednim numerze „Delt” z niebem, łatwo mógł zauważyć, że na rysunku nie było jasnej „gwiazdy”, która znajduje się między łapami lwa i — w przeciwieństwie do innych gwiazd — nie mruga do nas. Jest to Saturn — szósta planeta Układu Słonecznego, jego droga wśród gwiazd w tym roku zaznaczona jest na mapce obok. Spoglądając nawet przez niewielki teleskop na Saturna można zauważyć dziwny obiekt otaczający tę planetę — są to pierścienie, o których pisaliśmy już w „Delcie” półtora roku temu (12/1977). Jeśli stworzyć ich model o średnicy 20 cm, to jego grubość musiałaby być kilkudziesięciokrotnie mniejsza niż kartki papieru. Pierścienie powstały najprawdopodobniej w wyniku rozpadu najbliższych księżyców Saturna. Właściwie nie wiadomo, ile dzisiaj znamy jego satelitów. Jest ich co najmniej 10. Pierwszy z nich, Tytan, odkryty został przez Huygensa w 1655 r., dziewiąty, Phoebe, w 1898 r. przez W. C. Pickeringa. W 1904 roku tenże sam Pickering odkrył dziesiątego satelitę, Thetis, jednak księżyc ten już dawno został zagubiony i czeka na powtórne odkrycie. W grudniu 1966 roku francuski astronom A. Dollfus odkrył kolejnego satelitę, któremu dał imię Janus i którego istnienie sam przewidział obserwując zachowanie się pierścieni. Janus jednak z pewnością nie jest tamtym zagubionym księżycem.

Tarczę Tytana — największego towarzysza Saturna ledwie można dojrzeć przez ogromne teleskopy. W stosunku do masy planety — jest to prawie największy księżyc ze wszystkich w Układzie Słonecznym, ustępuje tylko naszemu Księżycowi, który jest tylko 81-krotnie lżejszy niż Ziemia.

Tytan jest jedynym znanym naturalnym satelitą, który posiada atmosferę, składa się ona głównie z metanu (CH_4). Bardzo duża zdolność odbijania światła przemawia za hipotezą, że powierzchnia Tytana jest pokryta lodem, a może nawet cały ten księżyc składa się z lodu H_2O .

Ostatnio odkryty Janus krąży tuż ponad zewnętrzną granicą pierścieni Saturna, zbliża się powolutku, po spirali, do jego powierzchni. Kiedy przekroczy tzw. granicę Roche'a, zostanie rozerwany na kawałki przez siły przyływowe i utworzy kolejny pierścień lub już istniejące zasili w materię. Podobną perspektywę mają przed sobą też inne satelity. Najbliżej „krawędzi śmierci” są Amalthea — księżyc Jowisza i Phobos — księżyc Marsa. Również te planety zyskają najprawdopodobniej pierścienie.



Droga Saturna w 1979 roku na tle gwiazdozbioru Lwa

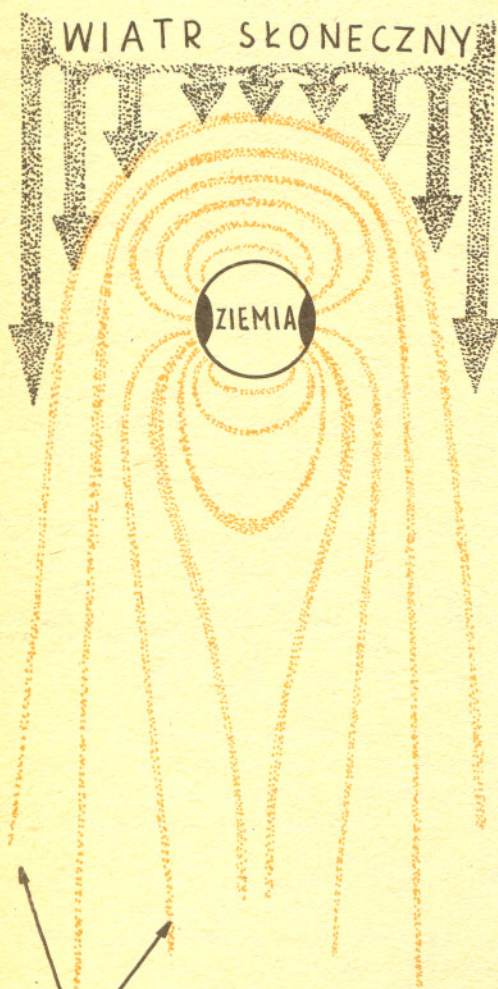
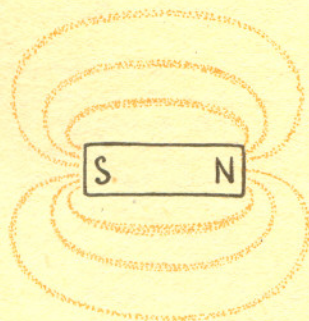
Mgr Tomasz Chlebowski

mata delta

Magnetyczny kokon Ziemi

Szarą powierzchnię Księżyca można obejrzeć przez lornetkę czy lunetę. Zdjęcia naszego satelity robione z kosmosu ujawniają nam wiele jej dość monottonnych szczegółów. Trochę trudniej o zdjęcia powierzchni innych ciał układu planetarnego, ale i takie już dziś mamy. Na przykład powierzchnia Marsa przypomina gruzowisko — w rdzawym pyłe leżą większe i mniejsze kamienie. Dwa księżycy Marsa — Fobos i Deimos — wyglądają jak nieregularne, gruszkowate kawałki koksu. Taki wygląd poruszających się wokół Słońca ciał — bombardowanych stale meteorami, gazem i pyłem międzyplanetarnym — nie jest wcale zaskakujący. Jak to się więc dzieje, że nasza Ziemia wygląda inaczej? Że nie jest tylko skalistą pustynią usianą głazami, że mamy morza, lasy, rzeki i jeziora, że istnieje na niej życie? Piękna, bogata, różnorodna Ziemia — ojczyzna ludzi. Czy nie zastanowił Was nigdy jej wygląd? Co chroni nas przed niszczyielskim wpływem kosmosu?

Do niedawna wydawało się, że jedynym płaszczem ochronnym naszej planety jest jej atmosfera. To ona nie przepuszcza intensywnego promieniowania krótkofalowego Słońca, nie pozwala na zbyt szybkie stygnięcie powierzchni Ziemi, w niej stapiają się drobne meteory itp. Znacznie jednak ważniejszą niż atmosfera rolę spełnia ... ziemskie pole magnetyczne. Wiadomo bowiem z fizyki, że cząstki obdarzone ładunkiem elektrycznym zachowują się w polu magnetycznym jak koraliki na nitce. Rolę nitki spełniają linie sił pola magnetycznego, tzn. linie, wzdłuż których działają siły magnetyczne. Opilki rozsypane wokół magnesu sztabkowego układają się właśnie na takich liniach — przypominających wyrastające z osi sztabki uszy. Cząstki nieobojętne elektrycznie napotykać linie sił pola magnetycznego „nanizują” się na nie i jak nawleczony koralik cząstka i linia sił muszą już poruszać się razem, w szczególnym przypadku szybki koralik może pociągnąć za sobą nitkę. Mówi się wówczas, że pole magnetyczne jest unoszone. Ale co to ma wspólnego z naszą Ziemią? Okazuje się, że wiele. Wiemy bowiem, że Ziemia ma pole magnetyczne podobne do pola ogromnego magnesu sztabkowego ustawionego prostopadle do płaszczyzny orbity Ziemi. I wiemy, że poruszamy się wokół Słońca, z którego stale wieje wiatr słoneczny. Wiatr ten to uciekające z zewnętrznych warstw słonecznej atmosfery elektrony i protony. W okolicy orbity Ziemi pędzą one z prędkością około 400 km/s. Skoro więc mamy ładunki elektryczne wiatru słonecznego i pole magnetyczne Ziemi, to można się domyślać, że linie sił ziemskiego pola będą przez ten wiatr unoszone i silnie deformowane. Oczywiście nie przy samej Ziemi — tam pole magnetyczne jest prawie nie zaburzone. Ale najbardziej zewnętrzne linie sił, które w pustej przestrzeni międzyplanetarnej wyglądałyby jak „uszy” magnesu sztabkowego, pod naporem wiatru zachowują się jak popychane struny. Cząstki w poprzek linii sił pola przeniknąć nie mogą, toteż linie te są ścisane i napływający wiatr, gdy już dalej ścisnąć „strun” nie może, rozplywa się na boki.



linie sił pola magnetycznego
● strefy zorcz polarnych

Cały czas cząstki płyną wzdłuż linii sił! Z kolei „uszy” magnetyczne na stronie odsonicznej są przez wiatr rozrywane i wydmuchiwane jak warkocz z komety. Podobnie bardzo szybko poruszający się solarik nawleczony na nitkę w kształcie ucha może swoim rozpędem nitkę rozprostować w kierunku ruchu. Gdybyśmy mogli zobaczyć z zewnątrz jak wygląda wydmuchane przez wiatr słoneczny w przestrzeń międzyplanetarną ziemskie pole magnetyczne, to przypominałoby ono smugę jaką widać za dużym głazem na szybko płynącej górskiej rzece. Po krawędzi tej smugi, tzn. właśnie po rozerwanych liniach pola magnetycznego, ślizga się wiatr słoneczny i tym samym nie dociera on na powierzchnię Ziemi. Innymi słowy, pole magnetyczne powoduje, że Ziemia nie jest bezpośrednio zanurzona w ośrodku międzyplanetarnym, ale ma swoją własną, prawie doskonale szczelną otoczkę magnetyczną, tzw. magnetosferę. Otoczkę tę rzadko tylko przerywają bardzo szybkie cząstki pochodzące z wybuchów na Słońcu. Oczywiście cząstki te także muszą poruszać się wzdłuż linii sił pola magnetycznego i dlatego spływają do „nasady” magnetycznych uszu, tzn. w okolicy biegunów. Takiemu wsypywaniu się cząstek w ziemską atmosferę towarzyszy piękne świecenie nieba, tzw. zorza polarna. Na ogół jednak od znakomitej większości rozpędzonych ładunków elektrycznych, jakimi stale byłaby bombardowana Ziemia, w tym także od promieniowania kosmicznego, magnetosfera nas chroni. Otaczająca nas przestrzeń międzyplanetarna jest zimna i prawie pusta. Na szczęście magnetosfera, gdzie gęstość materii jest większa i temperatura wyższa, stanowi rodzaj przytulnego zakątka dla naszej planety. Nic więc dziwnego, że Ziemia — „ubrana” w suknię atmosfery i futerko pola magnetycznego — wygląda zupełnie inaczej niż nasz nagi sąsiad Księżyc.

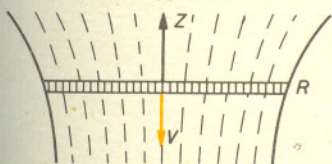
Małą Deltę przygotowała Magdalena SROCYŃSKA-KOŻUCHOWSKA

Rozwiązanie zadania F 64.

Dla cieczy nieściśliwej spełniony jest warunek ciągłości, tzn., że w każdej chwili czasu do obszaru o powierzchni σ będzie wpływało tyle cieczy, ile w tej samej chwili wypływa. Ponieważ gęstość ρ cieczy nieściśliwej jest stała, warunek ten można zapisać następująco

$$\rho v_2 S_2 = \text{const},$$

gdzie v_2 jest prędkością przepływu warstwy o przekroju poprzecznym S_2 , zależną od wysokości określonej przez z .



Równanie ciągłości pozwala wyznaczyć zależność między prędkością a przekrojem powierzchni, przez którą ciecz przepływa.

$$\rho v \pi R^2 = \text{const}.$$

Niech masa cieczy przepływająca w jednostce czasu wynosi A , wtedy $\rho v \pi R^2 = A$. Stąd

$$(1) \quad v = \frac{A}{\rho \pi R^2}.$$

Mając dany w ten sposób rozkład prędkości w zależności od wysokości możemy skorzystać z równania Bernoulliego dla cieczy nieściśliwej i ustalonego przepływu, które wyraża zasadę zachowania energii

$$\rho g z + \frac{\rho v^2}{2} + p = \text{const},$$

gdzie dwa pierwsze czony opisują gęstość energii potencjalnej i kinetycznej, a człon ostatni uwzględnia pracę wykonaną przeciwko ciśnieniu panującemu wewnątrz cieczy. Niech gęstość energii całkowitej wynosi B

$$\rho g z + \frac{\rho v^2}{2} + p = B,$$

gdzie p jest ciśnieniem panującym wewnątrz cieczy i przy przepływie stacjonarym wynosi $p_0 = (\text{ciśnienie atmosferyczne})$.

Łącząc z (1) otrzymujemy

$$\rho g z + \frac{A^2}{2\pi^2 \rho R^4} + p_0 = B.$$

Stąd można wyznaczyć R jako funkcję z

$$R = \left(\frac{A^2}{2\pi^2 \rho (B - \rho g z - p_0)} \right)^{1/4}.$$

Jak widać, kształt strumienia zależy tylko od warunków początkowych, czyli od przekroju kanału i energii początkowej cieczy.



Rozwiązanie zadania M 191

Przyjmując $x_1 = 3,17$ obliczamy

$$x_2 = \frac{x_1 + \frac{10}{x_1}}{2} = 3,162287 \dots$$

Pokażemy, że x_2 jest szukanym przybliżeniem.

Istotnie, $x_1 = \sqrt{10} + \Delta$, przy czym $0 < \Delta < 10^{-2}$.

Równocześnie

$$x_2 = \frac{1}{2} \left(\sqrt{10} + \Delta + \frac{10}{\sqrt{10} + \Delta} \right), \text{ a ponieważ}$$

$$\frac{10}{\sqrt{10} + \Delta} = \sqrt{10} \left(\frac{1}{1 + \frac{\Delta}{\sqrt{10}}} \right) =$$

$$= \sqrt{10} \left(1 - \frac{\Delta}{\sqrt{10}} + \frac{\Delta^2}{(\sqrt{10})^2} + \dots \right) = \sqrt{10} \left(1 - \frac{\Delta}{\sqrt{10}} + \right.$$

$$\left. - \frac{\Delta^2}{(\sqrt{10})^2} + \dots \right) = \sqrt{10} \left(1 - \frac{\Delta}{\sqrt{10}} + \right.$$

$$\left. + \frac{\Delta^2}{(\sqrt{10})^2} \left(\frac{1}{1 + \frac{\Delta}{\sqrt{10}}} \right) \right) =$$

$$= \sqrt{10} - \Delta + \frac{\Delta^2}{\sqrt{10}} \left(\frac{1}{1 + \frac{\Delta}{\sqrt{10}}} \right), \text{ więc}$$

$$x_2 = \sqrt{10} + \frac{\Delta^2}{2\sqrt{10}} \left(1 + \frac{\Delta}{\sqrt{10}} \right) \text{ i wobec tego}$$

$$\sqrt{10} < x_2 < \sqrt{10} + \frac{\Delta^2}{2\sqrt{10}} < \sqrt{10} +$$

$$+ \frac{10^{-4}}{6} < 10 + 2 \cdot 10^{-5}, \text{ zgodnie}$$

z warunkami zadania.

Uwaga: Opisany powyżej algorytm

poprawiania przybliżonej wartości \sqrt{a}

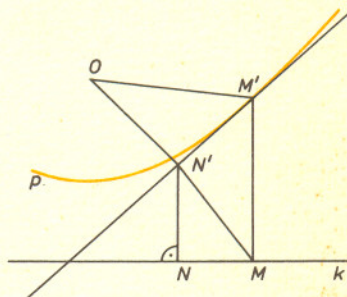
$$x_2 = \frac{x_1 + \frac{a}{x_1}}{2}$$

jest bardzo efektywny. Każda iteracja podwaja ilość cyfr znaczących przybliżenia, jeżeli $a > 1$.



Rozwiązanie zadania M 190

Parabola o ognisku O i kierownicy k jest miejscem geometrycznym punktów równoodległych od O i k . Wszystkie punkty, których odległość od O jest większa niż odległość od k , leżą po jednej stronie tej paraboli. Niech M będzie punktem przecięcia symetralnej s z prostą prostopadłą do k i przechodzącą przez M . Odległość M' od k jest równa $|MM'| = |OM'|$, punkt M' leży więc na paraboli p . Jeżeli teraz N' jest dowolnym punktem s różnym od M' , to odległość N' od k jest równa $|NN'|$, a ponieważ $|NN'| < |MN'| = |ON'|$, więc punkt N' leży „na zewnątrz” paraboli p . Wobec tego prosta s ma jeden punkt wspólny z parabola p , a wszystkie pozostałe jej punkty leżą na zewnątrz p . Wynika stąd, że prosta s jest styczna do paraboli p .



Rozwiązanie zadania M 192

Ustalimy odpowiedniość wzajemnie jednoznaczna pomiędzy łańcuchami o długości k w zbiorze A i odwzorowaniami zbioru A w zbiór $\{1, 2, \dots, k\}$. Łańcuchowi (A_0, A_1, \dots, A_k) przyporządkujemy odwzorowanie f zadane wzorem: $f(a) = i$ gdy $a \in A_i - A_{k-1}$. Jeżeli teraz mamy odwzorowanie $f: A \rightarrow \{1, 2, \dots, k\}$, to kładąc $A_0 = \emptyset, A_i = f^{-1}(\{1, \dots, i\})$ otrzymamy pewien łańcuch. Łatwo zauważyć, że podane wyżej przyporządkowania są wzajemnie odwrotne. Wobec tego łańcuchów o długości k w n -elementowym zbiorze A jest tyle, ile odwzorowań A w zbiór $\{1, \dots, k\}$, czyli k^n .