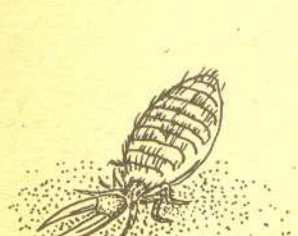
Zacznijmy od największej skali — całego Wszechświata. Czy można spodziewać się ,,końca świata" i kiedy to może nastąpić? Wiemy, że obecnie Wszechświat rozszerza się i jednocześnie stygnie. Mamy przed sobą alternatywę: albo w pewnym momencie Wszechświat przestanie się rozszerzać, zacznie się kurczyć i 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 przestrzeń międzygalaktyczną.
A więc zderzenia galaktyk mogą nie być niebezpieczne, dopóki się nie zderzają 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 zbliżać 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. Öpika 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 (kometa 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

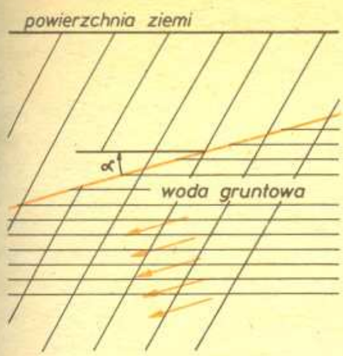
W badaniu wpływu działalności człowieka na środowisko naturalne stosuje się dość powszechnie różnego rodzaju modele matematyczne. Upraszczają one rzeczywistość do granic pojemności komputerów, produkujących później optymistyczne lub katastroficzne (w zależności od zleceniodawcy) wydruki.

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.

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

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.

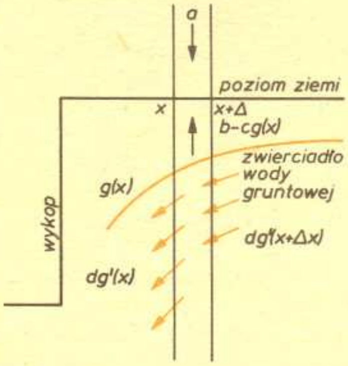
Założenie to jest oczywiście słuszne tylko w przybliżeniu i tylko w ograniczonym przedziale głębokości. Ale ... trzeba jakoś uprościć sobie życie, czyli rachunki.



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 $\operatorname{tg}\alpha$.

Rozpatrzmy teraz ,,bilans wody" cienkiej, pionowej, równoległej do brzegu 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 $\lim\limits_{\Delta \to 0} \dfrac{g'(x+\Delta)-g'(x)}{\Delta} = g''(x)$, więc z równania naszego wynika równanie różniczkowe

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

którego rozwiązaniem ogólnym jest

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

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.

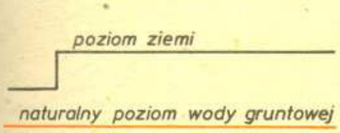
Czyli $\quad g(0) \leqslant g_0$.

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

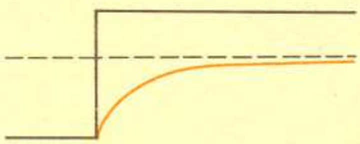
I wobec tego, gdy $g_0 < \dfrac{a-c}{d}$, musimy pracą pomp obniżyć poziom wody gruntowej na całym, dość rozległym obszarze, tym większym, im większe jest k, czyli im głębszy jest wykop i im mniejsze jest λ, czyli im większa jest przepuszczalność gruntu b: wykres funkcji g jest wtedy bardziej płaski.

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 ,,wyssać" wodę ze studni odległych o kilka kilometrów.

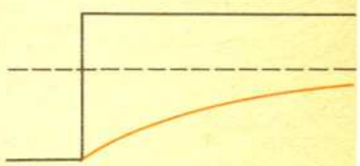
A może spróbujecie, Czytelnicy, zaprojektować doświadczenie, umożliwiające oszacowanie tych stałych dla zwykłego piasku?



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