

Czy można biegać po wodzie?

Jedną z ulubionych zabaw dzieci jest bieganie po kałużach. Rozbryzgiwanie wody i błota w ciepły letni dzień może sprawić niemało frajdy [1]. Polecam jako wspaniały sposób na odreagowanie napięć. Niestety, nie nadaje się on dla tych, którzy nadmiernie dbają o swoją prezencję.

W bieganiu chodzi jednak o wykonanie przynajmniej kilku kroków po wodzie przed wпадnięciem do niej. Na wiosnę dużą popularnością cieszył się filmik [2] demonstrujący właśnie taki bieg po wodzie. Adeptci tej sztuki nazwali ją *liquid mountaineering*. Jednocześnie rozgorzała dyskusja, czy przypadkiem nie jest to żart albo nawet zwykłe oszustwo, a w dodatku kryptoreklama firmy produkującej buty używane przez praktykujących tę formę spędzania wolnego czasu.

Przed lekturą dalszej części artykułu proponuję obejrzenie materiału [2].

Na filmie wygląda to naprawdę niezłe. Niestety, to, co na filmie widzimy, jest równie prawdziwe jak pokaz iluzjonisty. W taki sposób na pewno nie da się biegać po wodzie, co postaram się wykazać.

W celu udzielenia odpowiedzi powołałyśmy eksperta równie magicznego jak sam problem. Bedzie nim bazyliszek zwyczajny *Basiliscus basiliscus*. Jaszczurka ta, jak większość innych bazyliszków, występuje w Ameryce Południowej i jest największym stworzeniem, o którym wiadomo, że biegać po wodzie potrafi [3]. Robi to głównie wtedy, gdy zostanie spłoszona.

Bieg po wodzie różni się od biegu po lądzie między innymi tym, że środek masy zwierzęcia znajduje się praktycznie cały czas na tej samej wysokości. W takim razie przebieganie nogami musi wytwarzać prawie stałą siłę równoważącą grawitację. Jest ona sumą siły reakcji F_R na rozpędzanie wody przez na przemian wciskane w wodę nogi jaszczurki, siły parcia F_P wody na stopę oraz siły F_{NP} związanej z napięciem powierzchniowym odkształconej powierzchni wody. Bilans ten zakłada, że jaszczurka wyciąga nogę, zanim zamknie się bąbel powietrza tworzony w fazie wciskania kończyny w wodę. Jest tak w przypadku biegu bazyliszka. Gdyby bąbel się zamknął, to siły F_P i F_{NP} zostałyby zastąpione siłą oporu o przeciwnym znaku, związaną z koniecznością wyciągnięcia uwiecznionej w wodzie nogi.

Siła F_{NP} jest proporcjonalna do obwodu stopy, czyli rozmiaru zwierzęcia w pierwszej potęgze, więc jej wkład do kompensowania ciężaru (proporcjonalnego do sześcienu rozmiaru) pominiemy (jest on zauważalny tylko dla najmniejszych bazyliszatek [4]).

Siła parcia F_P jest proporcjonalna do objętości bąbla, a jej znaczenie w bilansie sił zależy od efektywnej powierzchni stopy. Nawet dla obdarzonego pod tym względem szczerze przez naturę bazyliszka wkład jest niewielki. Dlatego najistotniejsza jest siła F_R .

Średnią siłę reakcji można oszacować, wykorzystując równość między zmianą pędu (masy wody) a popędem siły:

$$F_R \cdot \Delta t = \Delta p.$$

Z analizy wymiarowej wynika, że zmiana pędu jest proporcjonalna do iloczynu masy bąbla ρV i średniej prędkości nogi u , natomiast czas jest stosunkiem głębokości zanurzenia nogi (w przypadku bazyliszka maksymalnie jest ona równa długości nogi, proporcjonalnej do rozmiaru zwierzęcia r) do prędkości u . Ostatecznie uzyskujemy

$$F_R \propto \rho V \cdot u \cdot \frac{u}{r} \propto \rho \cdot r^2 \cdot u^2.$$

Prędkość u okazuje się słabo zależeć od rozmiaru zwierzęcia [4]. Powoduje to, że o ile młode, ważące kilka gramów, osobniki mogą generować siłę przekraczającą ich ciężar ponaddwukrotnie, to największe jaszczurki (o masie około 200 g) generują siłę ledwie pozwalającą na bieganie po wodzie [4]. Z tego względu młode mogą uciekać kilkanaście i więcej metrów, a najstarszym (jaszczurki rosną całe życie) udaje się przebiec zaledwie kilka metrów [4].

Zajmijmy się teraz ludźmi. Żeby móc biegać po wodzie, trzeba by mieć stopy w proporcji do wzrostu jak bazyliszek, zwinność i długość nóg jak bazyliszek oraz przebiegać nimi tak szybko, żeby kwadrat prędkości był tyle razy większy, ile razy jesteśmy od bazyliszka więksi, przy czym ważna jest tylko średnia pionowej składowej prędkości zanurzonej nogi.

Na filmie [2] objętość bąbla jest zaledwie rzędu objętości buta, nacisk na wodę trwa nie więcej niż jedną piątą czasu, więc prędkość pionowa powinna być rzędu prędkości dźwięku!

W komentarzu do tego filmu sugeruje się, że istotnym czynnikiem jest prędkość pozioma. Niestety, nie jest to prawda, bo nie jest to sytuacja, w której zewnętrzna siła (motorówka, wiatr) powoduje ruch, a siła wyporu dynamicznego (taka jak przy jeździe na nartach wodnych) równoważy siłę ciężkości.

Krótko mówiąc, w taki sposób biegać po wodzie się nie da. A co by się stało, gdyby założyć płetwy? Nic nie stoi na przeszkodzie, żeby spróbować. Jeden krok na pewno da się zrobić. Gdyby się nie udało, to trzeba będzie poczekać do zimy. Po dobrze zamarzniętej wodzie na pewno da się przejść, a przy odrobinie wprawy pobiegać też można.

Piotr ZALEWSKI

- [1] *Singin' in the Rain*, Metro-Goldwyn-Mayer, 1952.
- [2] *Men Running on Water – Liquid Mountaineering*, <http://youtube.com/watch?v=3Y0BsnTa5RA>
- [3] *Water walker*, National Geographic <http://www.youtube.com/watch?v=45yabrnrYXk>
- [4] J.W. Glasheen i T.A. McMahon, *Size-dependence of water-running ability in basilisk lizards (*Basiliscus basiliscus*)*, *The Journal of Experimental Biology* **199**(1996)2611–2618.