

OBRONA PLANETARNA?

O ryzyku zderzeń obiektów kosmicznych z Ziemią i o tym, w jaki sposób możemy obronić się przed potencjalnym zagrożeniem, z dr. Maciejem Mroczkowskim, prezesem Polskiego Towarzystwa Astronautycznego i narodowym ekspertem w Europejskiej Agencji Obrony, rozmawia Renata Radzikowska

• Co kryje się pod pojęciem „obrona planetarna”?

Obrona planetarna to termin powstały z rozpoznania zagrożenia związanego z kosmicznymi zderzeniami małych ciał niebieskich z Ziemią. Zasadnicze dokonania w tym zakresie należy przypisać dr. Eugene Shoemakerowi z USA, geologowi z wykształcenia, astronomowi i twórcy astrogeologii. Zagrożenia, o których mowa, są objęte badaniami w zakresie astrobalistyki, a w literaturze określane nazwą *Comet and Asteroid Impact Hazards on a Populated Earth*.

Reasumując, obrona planetarna to reakcja na zagrożenia naszej planety od asteroid (planetek) i komet, ukierunkowana na działania związane z ochroną Ziemi i jej mieszkańców przed zniszczeniami od uderzeń ze strony jednego lub wielu małych ciał niebieskich.

• Jak poważne jest ryzyko zderzenia obiektów kosmicznych z Ziemią?

Oceny stopnia zagrożenia należy dokonywać w pewien unormowany sposób. Służy temu ocena ryzyka, kolejnym etapem jest zarządzanie nim. Ryzykiem są oczywiście potencjalne zdarzenia mające negatywny wpływ na bezpieczeństwo i zwią-

zane z ewentualnymi ofiarami, kosztami itd. Pamiętajmy jednak o tym, że ryzyko, o którym mowa, można zmniejszyć, ale nie wyeliminować. Jednocześnie warto podkreślić, że narzędzia i algorytmy, które są wykorzystywane do wykrywania, oceniania i zmniejszania ryzyka, mogą i powinny być wykorzystywane także do ujawniania, oceniania i podnoszenia korzyści.

Dla nas ryzyko oznacza miarę zagrożenia łączącą prawdopodobieństwo zderzenia z jego konsekwencjami, czyli potencjalnymi stratami wynikającymi z tego zderzenia, mierzonymi na różne sposoby, np. energią zderzenia lub średnicą krateru czy kosztami zniszczeń albo ilością ludzkich ofiar.

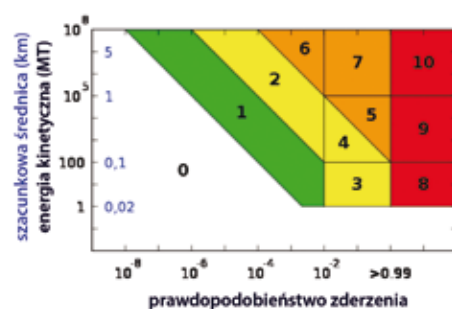
Kiedy mówimy o wysokim ryzyku zderzenia planetarnego, mamy na myśli zagrożenie dla sukcesu misji obrony planetarnej. Dla sukcesu obrony wymagane jest natychmiastowe podjęcie działania, a więc aktywna obrona skierowana przeciwko zagrożającej asteroidzie lub komete, oczywiście przy użyciu zawczasu przygotowanych technologii.

Warto wspomnieć, że sporo w kwestii ryzyka zderzenia obiektów kosmicznych z Ziemią zmieniło się w ostatnim czasie dzięki udostępnieniu danych z misji NEOWISE, czyli ostatniego etapu misji Wide-field Infrared Survey Explorer (WISE), poświęconej wyszukiwaniu z poziomu orbity wokółziemskiej ciał niebieskich bliskich Ziemi (NEOs – Near Earth Objects, tj. takich, których orbity przecinają się z orbitą ziemską).

Dzięki NEOWISE odkryto w Układzie Słonecznym 17 nowych komet i ponad 33 tys. nieznanych dotąd asteroid. Te nowe

obserwacje NASA zrealizowane w podczerwieni pokazują, że jest znacznie mniej, niż wcześniej sądzono, asteroid bliskich Ziemi. Niestety, śledzimy tylko 5200 spośród nich, a prawie 15 000 trzeba jeszcze odkryć.

Specyfiką zagrożenia uderzeniem od małych ciał niebieskich Układu Słonecznego jest to, że musimy być przygotowani na zderzenia o bardzo niskim prawdopodobieństwie zajścia, za to o ogromnych skutkach. Ocen dokonuje się z użyciem dwu skal: turyńskiej (The Torino Scale) i palermiańskiej (The Palermo Technical Impact Hazard Scale).



Skala Torino. Skala pionowa przedstawia energię kinetyczną oraz szacunkową średnicę obiektu, a skala pozioma prawdopodobieństwo zderzenia

• Jakie mogą być skutki kosmicznych zderzeń dla Ziemi i jej mieszkańców?

Skutki zderzeń kosmicznych mogą być dla Ziemi bardzo różne. Zależy to od energii obiektu, tego, z czego jest on zbudowany (np. metal, skała czy lód), kąta uderzenia oraz rejonu upadku. Podczas katastrofy tunguskiej – to przypadek mający miejsce raz na 50-100 lat, przy energii równoważnej ok. 16 Mt TNT (megaton trotylu) – uległo zniszczeniu ponad 2200 kilometrów kwadratowych syberyjskiej tajgi. Ten sam obiekt nad terenem gęsto zaludnionym prawdopodobnie przyczyniłby się do śmierci setek tysięcy osób. Gdyby to zderzenie nastąpiło 4 godziny i 47 minut później, zniszczeniu uległby Sankt Petersburg.

Skalny obiekt kilometrowy to energia kilkuset tysięcy Mt, 24-30-kilometrowej średnicy krater na lądzie i zagłada prawie kontynentu. Trafiając do oceanu, obiekt taki mógłby wywołać niezwykle silne fale tsunami. Obiekt o 10-kilometrowej średnicy to zagłada całej Ziemi i cywilizacji.

Dlatego szacowanie całkowitego ryzyka dla Ziemi obarczone jest tak dużą niepewnością. Z jednej strony nie znamy na wystarczającym poziomie prawdopodobieństwa zderzeń z Potencjalnie Niebezpiecznymi Obiektami (z ang. Potentially Hazard-



Kluczem do obrony planetarnej Ziemi są wiedza o zagrożeniu oraz wola zwalczania go – tłumaczy płk rez. dr inż. Maciej Mroczkowski

dous Objects, w skrócie PHOs), z drugiej strony wiemy, że nawet mała zmiana parametrów może doprowadzić do ogromnej zmiany w skutkach zderzenia dla ludzkiej cywilizacji.

• Wiadomo, że symulacje matematyczne wymagają komputerów ogromnej mocy. Jak można skrócić i uprościć obliczenia?

Obliczeń uprościć nie można. Wręcz przeciwnie, należy prowadzić je w sposób jeszcze bardziej kompleksowy. Skrócenie czasu obliczeń można wiązać z rozwojem programowania współbieżnego, wielordzeniowego i hybrydowego, z wykorzystaniem obecnie dostępnych technologii obliczeniowych nowoczesnych kart graficznych i nowych języków programowania np. CUDA C, CUDA Fortran czy OpenCL (Open Computational Language).

• Jakie techniki umożliwiają przeprowadzenie symulacji zderzenia z Ziemią?

Wyłącznie te techniki obliczeniowe, które ma się w swojej dyspozycji. Szczęśliwie, w Wojskowej Akademii Technicznej dysponujemy rodziną hydrokodów (metody punktów swobodnych opracowanych przez prof. Karola Jacha i rozwijanych również przez Jego współpracowników, m.in. przez dr. Roberta Świerczyńskiego i częściowo także przeze mnie), które umożliwiają jedne z najdokładniejszych na świecie symulacji zderzeń ciał kosmicznych.

Nasze obliczenia, dzięki inicjatywie prof. Piotra Wolańskiego z Politechniki Warszawskiej, mają już dwudziestoletnią historię i były prezentowane na jednej z pierwszych międzynarodowych konferencji już w 1991 r.

• Z czym wiąże się największe współczesne zagrożenie, jeżeli chodzi o obronę planetarną? W jaki sposób możemy się obronić przed potencjalnym zagrożeniem?

Największe zagrożenie wiąże się z ciągle słabym rozpoznaniem potencjalnych „kandydatów” do zderzenia. Brak nam także dostatecznej i wiarygodnej informacji o budowie, składzie i dynamicznej odpowiedzi małych ciał kosmicznych na zderzenia z hiperprędkościami wielu kilometrów na sekundę. Każda skuteczna obrona wymaga w pierwszej kolejności rozpoznania, zarówno z Ziemi, jak i kosmosu, w każdym możliwym zakresie widma elektromagnetycznego.

W ostatnich latach największe zagrożenie było związane z asteroidą Apophis. W 2004 r. prawdopodobieństwo zderzenia z Apophisem szacowano na ponad 2%.

Skutki zderzenia z ponad trzystumetrowym obiektem byłyby katastrofalne w skali kontynentu, choć niezagrażające życiu na Ziemi. W 2011 r. szacowało się, że prawdopodobieństwo zderzenia wynosi mniej niż 0,01%. Niemniej, Apophis ciągle pozostaje najgroźniejszym obiektem PHA, jaki znamy. Żeby zrozumieć, dlaczego obiekt o tak małym prawdopodobieństwie zderzenia ciągle jest uznawany za groźny, trzeba zgłębiać niuanse obliczeń dotyczące jego orbity.

W następnej kolejności możemy rozważać metody aktywnej obrony. Krytycznym czynnikiem jest jednak czas, ze względu m.in. na międzynarodowe porozumienia. Im więcej go mamy, tym większa jest różnorodność możliwych do wykorzystania metod. Mamy obecnie do dyspozycji bardzo dużo opanowanych już technologii: kierunkowe ładunki wybuchowe kumulacyjne i do wybuchowego formowania pocisków; techniki zderzeń kinetycznych; generowane, kierunkowe wyrzuty masy; lokalne systemy skierowanych energii; oraz – w ostateczności – głowice jądrowe lub termojądrowe.

Inne rozwiązania, takie jak łańcuchy kierowanych zderzeń kolejnych asteroid na siebie, wymagają opracowania. Niestety, wszystkie potrzebują jeszcze wielu badań na zaadaptowanie oraz dodatkowych danych do przygotowania misji kosmicznych i zaproponowania rozwiązań technicznych, sposobów organizacji i dowodzenia. Będziemy musieli dysponować rojem kosmicznych miniaturowych bezzałogowych i autonomicznych pojazdów wielokrotnego wykorzystania, które przeprowadzą kolejne etapy akcji: rekonesans, dokładne badania, wreszcie akcję obronną i ocenę jej skutków.

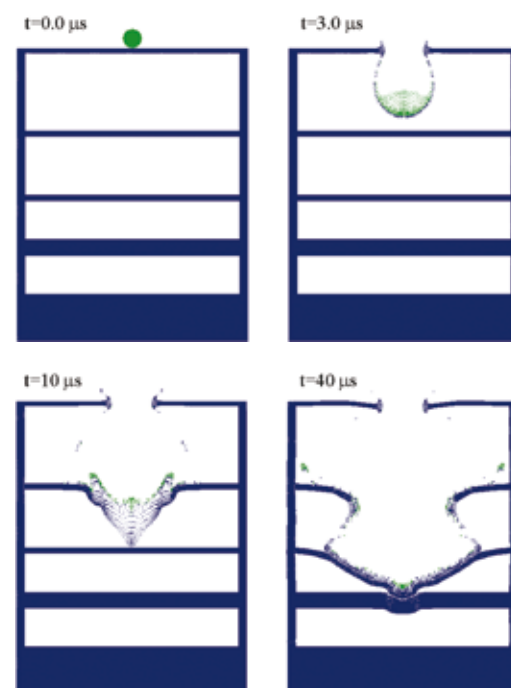
• Czy zwykli obywatele mogą uczynić cokolwiek, żeby ochronić się przed zagrożeniem ze strony małych ciał kosmicznych?

Kluczem do obrony planetarnej Ziemi jest wiedza. Zarówno wiedza o zagrożeniu, jak i wola zwalczania go, a także kapitał ludzki pozwalający na przygotowanie innowacyjnych technologii zdolnych do zmian orbit małych ciał niebieskich lecących na zderzenie z Ziemią. Nie wspominać więc już o konieczności zgromadzenia odpowiednich zasobów materialnych i finansowych.

Zwykli obywatele odgrywają w tym przypadku istotną rolę. Mogą się oni przyczynić do rozpowszechnienia wiedzy w społeczeństwie, pozyskania zwolenników i wręcz wymuszenia wielu decyzji na politykach i rządach. Pozostałych aktywnych, młodych, chętnych do wysiłku „zwykłych” obywateli należy bardzo dobrze wykształ-

cić. Bez rzetelnej znajomości matematyki, fizyki czy technik programowania nie można wspomóc zespołów pracujących nad rozwiązaniami problemu. Istotna jest również umiejętność łączenia wiedzy naukowej z techniką, bo to ona pozwala nam tworzyć niezbędne urządzenia.

Szczególnie ważne są starty w konkursach i programach badawczych kierowanych do młodzieży. Obrona planetarna ma wiele inicjatyw do zaoferowania. Zachęcam do zostania członkiem Polskiego Towarzystwa Astronautycznego, w którym zajmujemy się omówionymi tu zagadnieniami.



Wyniki symulacji zderzeń ekstremalnie małych ciał kosmicznych: kulki aluminiowej o średnicy 1 cm i prędkości 7 km/h z wielowarstwową osłoną statku kosmicznego.

Płk rez. dr inż. Maciej Mroczkowski jest głównym specjalistą w Instytucie Optoelektroniki WAT, uprzednio był kierownikiem Zakładu Nowych Technik i Zakładu Systemów Optoelektronicznych IOE WAT. Dr Mroczkowski jest również prezesem Polskiego Towarzystwa Astronautycznego, a także członkiem Sekcji Komitetu Badań Kosmicznych i Satelitarnych PAN. Od ponad 30 lat pasjonat i naukowiec w dziedzinach takich jak: fizyka plazmy, głowice kumulacyjne, hiperprędkie zderzenia ciał kosmicznych, wojna elektromagnetyczna oraz systemy sieciencytryczne. Maciej Mroczkowski jest narodowym ekspertem w Europejskiej Agencji Obrony (EDA) oraz ekspertem ds. badań na rzecz bezpieczeństwa i ds. badań kosmicznych Komisji Europejskiej.