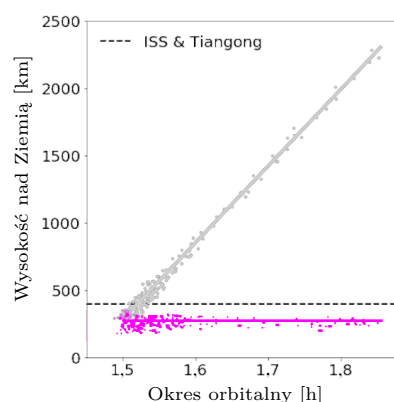


Katastrofalnie zatłoczona niska orbita okołoziemska

Oczywiście nie tylko Rosja przeprowadza tego typu testy. W ostatnich latach robiły to m.in. Stany Zjednoczone, Chiny i Indie.

Niska orbita okołoziemska rozciąga się na wysokościach od 200 km do 2000 km nad Ziemią.

Takie kaskadowe katastrofy satelitów czasami określane są mianem „syndromu Kesslera”. Donald Kessler, pracownik NASA, jako pierwszy już w latach 70. opisał to zagrożenie. Często bardzo spektakularnie ten efekt jest przedstawiany w produkcjach filmowych, jak np. w filmie „Grawitacja”.



Rysunek przedstawia apogea (maksymalne odległości od Ziemi, szara linia) i perygea (minimalne odległości, czerwona linia) odłamków o rozmiarach większych niż 10 cm powstałych po testach ASAT. Przerywana linia przedstawia wysokość orbity Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (ISS) i Chińskiej stacji Orbitalnej Tiangong



W połowie listopada 2021 roku Ministerstwo Obrony Rosji przeprowadziło test rakiety antysatelitarnej (*anti-satellite missile test*, ASAT), która trafiła w rosyjskiego, nieczynnego od 30 lat, satelitę COSMOS 1408. Odłamki zostały wyrzucone na niską orbitę okołoziemską (*Low Earth orbit*, LEO). Broń ASAT jest przeznaczona do niszczenia satelitów wojskowych – do tej pory (na szczęście) była używana tylko w testach przeprowadzanych przez dany kraj na jego własnych satelitach. Problem w tym, że obecnie odłamki pozostałe po takich testach stwarzają realne zagrożenie dla wszystkich satelitów znajdujących się na niskiej orbicie. Dlaczego? Ponieważ tych satelitów jest coraz więcej. Duże zagęszczenie obiektów na LEO w połączeniu z testami broni ASAT może doprowadzić do kolizji kaskadowych, w których jedna kolizja tworzy odłamki, a te powodują kolejne kolizje, które kaskadowo powodują kolejne... i tak dalej. Taka lawinowa katastrofa sprawiłaby, że działalność kosmiczna i korzystanie z satelitów znajdujących się na LEO stałyby się poważnie niebezpieczne lub wręcz niemożliwe przez dziesiątki lat. Niestety ryzyko kolizji z odłamkami tworzonymi przez ASAT ciągle wzrasta w związku z pojawiającymi się megakonstelacjami satelitów komercyjnych, takich jak Starlink firmy SpaceX.

Robi się tłoczno

Przewiduje się, że komercyjne megakonstelacje satelitów zwiększą liczbę obiektów znajdujących się na niskiej orbicie okołoziemskiej o ponad rząd wielkości w ciągu najbliższych kilku dekad. Na przykład w momencie pisania tego artykułu Starlink ma na orbicie 1645 satelitów. SpaceX planuje zwiększyć tę liczbę do 42 000 do roku 2027. Co najmniej ośmiu innych dostawców Internetu rozpoczęło lub planuje uruchomić własne konstelacje satelitów. Ale katastrofą zagrożone są nie tylko nasze przyszłe potencjalne źródła Internetu. Na niskiej orbicie okołoziemskiej znajduje się między innymi Międzynarodowa Stacja Kosmiczna (na wysokości 400–420 km), Chińska stacja orbitalna Tiangong (340–450 km) czy teleskop Hubble’a (540 km).

Szacowanie ryzyka

O jakim ryzyku więc mówimy? Zagadnieniem tym zajęli się naukowcy z University of British Columbia, Sarah Thiele i Aaron Boley. Wykorzystali oni Standardowy Model Rozpadu stworzony przez NASA (NSBM), aby oszacować liczbę, rozmiary i prędkości fragmentów powstałych w wyniku testów broni ASAT, takich jak te przeprowadzone przez Indie w 2019 roku czy Rosję w 2021. Obliczenia NSBM przewidują, że każdorazowo jeden test tworzy ponad 300 000 odłamków o rozmiarach od 3 milimetrów do 1 metra. Większość z nich to na szczęście dość małe fragmenty – przewidywana liczba odłamków o rozmiarach większych niż 10 cm (jest to z grubsza rozmiar, który dzięki obecnej technologii jesteśmy w stanie śledzić na LEO) wyniosła 1 168. Ich orbity pokazane są na rysunku. Jak widać, odłamki rozrzucone są w całym zakresie LEO (<2 000 km), w tym wiele z nich przecina orbity stacji kosmicznych.

Wykorzystując oprogramowania modelujące zachowanie N-ciał o nazwie *Rebound*, naukowcy prześledzili przewidywane ścieżki ruchu tych odłamków w okresie 2 lat, lub do momentu, gdy wcześniej opadną na Ziemię. W oparciu o rozkład satelitów obliczono prawdopodobieństwo kolizji w czasie wzdłuż ścieżki ruchu każdego odłamka. Łącząc te prawdopodobieństwa dla wszystkich odłamków, obliczono całkowite prawdopodobieństwo, że jedna lub więcej kolizji nastąpi w wyniku pojedynczego testu ASAT.

Jakie jest prawdopodobieństwo kolizji?

Nie tylko nie jest niezamierzalne, ale wręcz gwarantuje przyszłe kolizje. W przypadku scenariusza zakładającego 65 000 satelitów na LEO (czyli takiego, w którym zrealizowano cały projekt Starlink) prawdopodobieństwo zderzenia któregośkolwiek z tych satelitów ze stosunkowo dużym (>10 cm) odłamkiem, powodującym poważne uszkodzenia, wyniosłoby około 30% dla pojedynczego

Tekst oparty na publikacji Sarah Thiele i Aarona Boleya „Investigating the risks of debris-generating ASAT tests in the presence of megaconstellations”, arXiv:2111.12196, oraz publikacji Macy Huston „Antisatellite Tests Risk Catastrophic Collisions in a Crowded Low Earth Orbit”.

testu ASAT. Biorąc pod uwagę mniejsze fragmenty, o wielkości do 3 mm, prawdopodobieństwo to zbliża się do 100%! Dla porównania, w 2019 roku, gdy na LEO było tylko 3 000 satelitów, prawdopodobieństwo jakiegokolwiek kolizji wynosiło jedynie 10%, a prawdopodobieństwo zderzenia z dużym fragmentem (>10 cm) zaledwie 0,05%.

Odłamki po testach broni ASAT stanowią więc poważne zagrożenie nie tylko dla funkcjonalności przyszłych satelitów, ale również zagrażają życiu astronautów przebywających na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej. Jeżeli testy tej broni nie zostaną wstrzymane, ludzkość może stracić na lata dostęp do niskiej orbity, a co za tym idzie, dostęp do globalnej komunikacji i możliwości przeprowadzania eksperymentów naukowych w przestrzeni kosmicznej.

Anna DURKALEC

Zakład Astrofizyki (BP4), Departament Badań Podstawowych, Narodowe Centrum Badań Jądrowych

Niebo w czerwcu

Czerwiec jest miesiącem, w którym Słońce wędruje najwyżej nad widnokregiem, przekraczając podczas górowania wysokość 60° . Dzięki temu w czerwcu jest największa szansa na wystąpienie tzw. łuku okołohorizontalnego (więcej o nim na angielskiej stronie: www.atoptics.co.uk/cha2.htm), czyli małej, lecz intensywnej tęczy kilkanaście stopni nad horyzontem w okolicach południa, jeśli Słońcu na niebie towarzyszą chmury typu cirrus. Jednocześnie Słońce chowa się najpłycej pod widnokrąg w ciągu roku, a w północnej części Polski niebo jest wyraźnie rozjaśnione nawet w najciemniejszej części nocy. To oznacza najkorzystniejsze warunki na dostrzeżenie tzw. obłoków srebrzystych.

Astronomiczne lato na północnej półkuli Ziemi rozpocznie się 21 czerwca przed południem naszego czasu, gdy Słońce osiągnie najbardziej na północ wysunięty punkt ekliptyki. Cztery poranki wcześniej, 17 czerwca, zdarzy się najwcześniejszy wschód Słońca, a 8 dni później – najpóźniejszy zachód Słońca. A zatem jeszcze w czerwcu dnia zacznie ubywać zarówno rano, jak i wieczorem.

Podobnie jak to było w poprzednich miesiącach 2022 roku, czerwiec zacznie się dobrą widocznością Księżyca tuż po nowiu. Tym razem jednak zabraknie przy nim **Merkurego**. Pierwsza planeta od Słońca 16 dnia miesiąca osiągnie swoją maksymalną elongację zachodnią, ale wciąż niezbyt korzystnie ustawiona rano ekliptyka sprawi, że planeta zginie w zorzy porannej i Merkury w czerwcu pozostanie niewidoczny z dużych północnych szerokości geograficznych.

Pierwsze dwa dni czerwca Księżyc spędzi w gwiazdozbiornie Bliźniąt, zwiększając fazę od 5% do 10%. Jego odszukanie w tych dniach ułatwią dwie najjaśniejsze gwiazdy konstelacji, czyli Kastor i Polluks. Pierwszej doby czerwca Srebrny Glob znajdzie się w odległości 17° na godzinie 5 względem nich, dobę później kierunek zostanie zachowany, lecz Księżyc zbliży się na 6° do Polluksa. Kolejnego wieczora tarcza Księżyca zwiększy fazę do 16% i przeniesie się na pozycję w połowie drogi między Polluksem a gromadą otwartą M44 w Raku.

Srebrny Glob dotrze do gwiazdozbioru Lwa 5 czerwca, świecąc 6° od Regulusa, najjaśniejszej gwiazdy konstelacji, i jednocześnie zbliżając się do gwiazdy η Leonis. Tym razem jednak oba ciała niebieskie znikną z nieboskłonu, zanim dojdzie do zakrycia tej gwiazdy przez Księżyc. Dwa dni później Księżyc przejdzie przez I kwadrę, zajmując pozycję wciąż na tle gwiazdozbioru Lwa, jakieś 9° od Deneboli, drugiej co do jasności gwiazdy konstelacji, stanowiącej najbardziej na wschód wysuniętą gwiazdę głównej figury gwiazdozbioru przypominającej żelazko.

W dniach 9 i 10 czerwca Księżyc odwiedzi Spikę, najjaśniejszą gwiazdę Panny, świecąc za każdym razem około 10° od niej. Dobę później Srebrny Glob zbliży się na mniej więcej $0,5^\circ$ do gwiazdy Zuben Elgenubi, drugiej co do jasności gwiazdy Wagi. Jednak jego przekraczająca 90% faza znacznie utrudni obserwację tego zblżenia.

Naturalny satelita Ziemi przejdzie przez pełnię 14 czerwca tuż po południu naszego czasu, a poprzedniej nocy dotrzyma towarzystwa Antaresowi, najjaśniejszej gwiazdzie Skorpiona, której charakterystyczna rdzawo-pomarańczowa barwa nie pozwala na pomylenie jej z innym ciałem niebieskim.

W nocy z 14 na 15 czerwca Księżyc wzejdzie około godziny 23, prezentując tarczę w ubywającej fazie 97%. Mniej więcej 60 minut później zza jej ciemnej krawędzi (choć przy takiej fazie można powiedzieć, że oba brzegi księżycowej tarczy są jasne) wyłoni się gwiazda 3. wielkości τ Sagittarii. Jest to najjaśniejsza gwiazda, której odkrycie można obserwować z Polski w tym miesiącu.

Dopiero pod koniec drugiej dekady czerwca naturalny satelita Ziemi dotrze do obszaru nieba, gdzie przebywają planety Układu Słonecznego. Rankiem 18 i 19 czerwca Srebrny Glob w fazie odpowiednio 82% i 72% przejdzie kilka stopni od przebywającego na pograniczu gwiazdozbiornów Koziorożca i Wodnika, niecałe 2° od najjaśniejszej w Koziorożcu, choć na mapach nieba oznaczanej dopiero literą δ , gwiazdy Deneb Algiedi Saturna. W tym momencie planeta świeci blaskiem $+0,6^m$, jej tarcza zaś ma średnicę $18''$.