

AD ASTRA

Program badań nad astropolityką
i prawem kosmicznym

Nr 13/2024



Ad Astra.
Center for Space
Policy and Law



SPACE ENTREPRENEURSHIP
INSTITUTE



**Uniwersytet
Gdański**
Centrum Prawa Nowych
Technologii Wydziału
Prawa i Administracji



**WYŻSZA SZKOŁA
ADMINISTRACJI
I BIZNESU**
IM. E. KWIATKOWSKIEGO W GDYNI

Jak nowe technologie wpływają na zmiany w turystyce kosmicznej. Aspekty technologiczne, etyczne i środowiskowe.

DOI: 10.53261/adastra20251303

mgr Mateusz Tkaczyński

Wydział Prawa i Administracji Uniwersytetu Łódzkiego

Numer ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-9511-3466>

1. WPROWADZENIE

Turystyka kosmiczna jest jednym z najbardziej fascynujących współczesnych przedsięwzięć, otwierając nowe perspektywy podróży dla ludzkości. Jednakże, realizacja tego ambitnego konceptu staje w obliczu poważnych wyzwań z obszaru nowoczesnej technologii, ochrony środowiska czy etyki podróży kosmicznych.

Rozwój nowych technologii rewolucjonizuje nie tylko sposób, w jaki podróżujemy na Ziemi, ale także otwiera szerzej drzwi do kosmicznych przygód. Loty suborbitalne, misje na Międzynarodową Stację Kosmiczną („ISS”), a nawet wizje podróży międzyplanetarnych stają się coraz bardziej realne dzięki innowacjom technologicznym. W miarę przybliżania się do swobodniejszej eksploracji kosmosu, społeczność międzynarodowa stawia pytania o aspekty etyczne, ekologiczne i prawne nowego horyzontu. Jakie są granice eksploracji kosmosu i jakie wyzwania stawia to przed społecznością międzynarodową? Jakie konsekwencje dla środowiska naturalnego niesie za sobą rozwój turystyki kosmicznej i jak możemy zachować równowagę między eksploracją, a ochroną kosmosu? Wraz ze zwiększeniem zaangażowania prywatnych podmiotów w rozwój sektora kosmicznego, pytania te nabierają nowego znaczenia.

2. „KOSMICZNIE” DROGA ROZRYWKA

W celu zrozumienia zagadnienia komercyjnych podróży kosmicznych należy wyjaśnić czym jest turystyka kosmiczna, jakie były początki komercyjnych lotów kosmicznych, znaczenie dla rozwoju nauki oraz ewolucję podejścia do tego sektora przedsiębiorczości przez ostatnie lata.

Turystykę kosmiczną definiuje się jako formę podróży umożliwiającą klientom (zwanym „turystami kosmicznymi”) podróżowanie w przestrzeń kosmiczną. Turystyka kosmiczna może przyjmować wiele form, począwszy od lotów suborbitalnych, gdzie pojazd kosmiczny wznosi się na krótki czas w przestrzeń kosmiczną (zwykle wysokość na którą wznosi się pojazd to około 90 do 120 km nad powierzchnię Ziemi – pojazd

przekracza więc umowną linię Kármána¹ po loty na ISS. W ramy turystyki kosmicznej wpisują się również projekty mające na celu umożliwienie turystyki międzyplanetarnej (wciąż jeszcze bardzo odległe plany lotów turystycznych na Księżyc czy jeszcze dalsze wizje turystyki na Marsie²). Turystę kosmicznego określamy jako osobę nie mającą zwykle doświadczenia w aspekcie niekomercyjnych podróży kosmicznych, płacącą określone kwoty za doświadczenie lotu poza granice Ziemi. Duży nacisk położony jest na element rozrywki i możliwość przeżycia wyjątkowego doświadczenia. Mniej natomiast w tym kontekście mówi się o naukowym aspekcie podróży (choć nie wyklucza to istnienia naukowego kontekstu w każdej z takich ekspedycji.)³

Pierwszym kosmicznym turystą został Dennis Tito, który w 2001 r. za blisko 7 dniową możliwość pobytu na ISS zapłacił Rosjanom 20 mln dolarów⁴ (Amerykańska agencja kosmiczna „NASA” argumentowała, że nie wyraża zgody na lot z uwagi na brak odpowiednich kwalifikacji Tito)⁵. Kolejni kosmiczni turyści, którzy na przestrzeni ostatnich 20 lat odwiedzali ISS, płacili kwoty wahające się od 20 do 55 mln USD⁶, niemniej w kwestii lotów suborbitalnych koszty nie są aż tak wygórowane. Loty suborbitalne wycenia się od 200.000,00 do 450.000,00 USD⁷. Mimo, że kwoty nadal są zdecydowanie wysokie to zainteresowanie lotami jest wyjątkowo duże. Kosmicznym turystą zostali m.in. twórca Amazon oraz Blue Origin, Jeff Bezos czy 82-letnia amerykańska lotniczka Wally Funk, która została najstarszą osobą w kosmosie⁸. W odniesieniu do znacznych kwot pieniężnych, które należy przeznaczyć na lot kosmiczny wspomnieć należy, że technologia, w której nie wszystkie aspekty i funkcjonalności zostały w pełni dopracowane zwykle generuje proporcjonalnie większe koszty. W miarę upływu czasu wysokie kwoty podróży kosmicznych powinny ulec obniżeniu, choć pozostaną one na stosunkowo wysokim poziomie. Niemniej jednak staną się cenowo bardziej dostępne dla społeczeństwa, a w połączeniu z możliwością m.in. skrócenia czasu trwania lotu (eksperci Virgin Galactic przewidują, że lot suborbitalny z Singapuru do Londynu będzie trwał ok. 30 minut⁹) również konkurencyjne z tradycyjnymi formami podróży.

Turystyka kosmiczna jest stosunkowo nowym obszarem eksploracji kosmicznej, który wymaga zaawansowanej technologii, odpowiedniego przeszkolenia i znaczących nakładów finansowych. Niemniej jednak, postęp w tej dziedzinie, szczególnie dzięki zaangażowaniu przedsiębiorstw prywatnych, może prowadzić do zwiększenia dostępności kosmicznych podróży dla szerszego grona odbiorców w przyszłości.

3. CZYM SĄ NOWE TECHNOLOGIE W KONTEKŚCIE PRZEMYSŁU KOSMICZNEGO?

W powszechnej dyskusji, zwłaszcza wśród osób, które tylko pobieżnie interesują się tematyką eksploracji kosmicznych, lot w kosmos jawi się jako wyzwanie wymagające użycia najnowocześniejszych rozwiązań technicznych, których dostępność wynika z rozwoju technologicznego osiągniętego w XXI w. Należy jednak pamiętać, że początek osobowych lotów kosmicznych przypada na wczesne lata 60 XX w. (1961 r. – misja Jurji Gagarina)¹⁰. Od tego czasu dokonano znaczących postępów technologicznych, które diametralnie zmieniły sposób eksploracji kosmosu, wypracowując rozwiązanie dalece odmienne od używanych w początkowym okresie badań kosmicznych, które w perspektywie najbliższych kilkudziesięciu lat mogą wpłynąć na coraz większą komercjalizację rynku kosmicznej turystyki.

W ciągu ostatnich lat zauważalnym kierunkiem rozwoju w kontekście sektora kosmicznego stała się technologia raket wielokrotnego użytku (reusable rockets). Zastosowanie tej techniki polega na wielokrotnym wykorzystaniu tej samej rakiety

bądź jej członów do lotów kosmicznych¹¹. Przez ostatnie kilkadziesiąt lat głównym zadaniem rakiety było wyniesienie ładunku bądź człowieka na orbitę. Cały proces powodował, że oprócz górnej części modułu reszta maszyny zostawała praktycznie w całości niszczone w atmosferze, a jej fragmenty lądowały zazwyczaj w oceanie. Marnowanie potencjału wynikającego z możliwości powtórnego wykorzystania rakiet lub jej członów były przedmiotem dyskusji, w której głos zabrał m.in. Elon Musk czy Jeff Bezos¹².

Pierwsze próby wykorzystania rakiet wielokrotnego użytku miały miejsce jeszcze w XX w. Koncepcja rakiety „Ferry” Wernera von Brauna opracowana w latach 50 ubiegłego wieku zakładała, że poszczególne moduły rakiety będą opadać na Ziemię przy pomocy spadochronów, które w bezpieczny sposób będą sprowadzać je z powrotem¹³. Plany zostały zrealizowane częściowo w przeciągu następných kilkadziesiąt lat w związku z odzyskiwaniem rakiet wspomagających *Solid Rocket Booster*¹⁴ które na spadochronach lądowały w oceanie, a następnie były holowane przez odpowiednio przystosowane do tego statki. Poważnym problemem była jednak procedura odzyskiwania samych silników raketowych oraz usuwania wody z komory spalania, aby umożliwić silnikom przyjęcie pozycji poziomej potrzebnej do transportu wodnego¹⁵. Misja przywrócenia do ponownego użytku rakiety, wymagała współpracy załóg co najmniej dwóch statków odbiorczych oraz dalszych prac naprawczych rakiety prowadzonych po przetransportowaniu jej na ląd. Poważniejszy problem dotyczy jednak ponowne wykorzystanie zbiornika zewnętrznego promu kosmicznego. Był to największy z wykorzystywanych zbiorników, którego ponowne użycie nie było możliwe. Po zakończeniu pracy silników głównych, zewnętrzny zbiornik oddzielał się od całego modułu raketowego, a następnie ulegał rozpadowi na mniejsze fragmenty, po czym wpadał do oceanu z dala od wybrzeża¹⁶. Wspomniane systemy generowały duże koszty i ograniczały możliwość wielokrotnego korzystania z rakiet. Nie można oczywiście zapominać o wielkiej roli wahadłowców kosmicznych, które od wczesnych lat 80 w. wielokrotnie wynosiły w przestrzeń kosmiczną astronautów oraz niezbędne wyposażenie. Były one oczywiście przystosowane do wielokrotnego wykorzystania, jednak ich wynoszenie na orbitę wymagało użycia wspomnianych systemów raketowych. Liczne zastrzeżenia budziły także kwestie bezpieczeństwa (m.in. katastrofa wahadłowca Challenger w 1986 r. oraz Columbia w 2003 r.¹⁷) które finalnie przyczyniły się do zakończenia ery wahadłowców.

Prawdziwej rewolucji w kontekście powtórnego wykorzystania rakiet dokonało Space X, przedsiębiorstwo należące do Elona Muska. Początki nie były łatwe, 5 startów rakiety Falcon 1, pomimo zapewnień o możliwości wykorzystania technologii reusable rocket i powrotu modułu raketowego na Ziemię bez uszkodzeń, zakończyło się niepowodzeniem (rakietom nie udało się powrócić na Ziemię, natomiast w kontekście wyniesienia na orbitę modułu – 2 misje uznano za udane)¹⁸. Prawdziwy przełom nadszedł w grudniu 2015 r. wraz z pracami nad Falconem 9 i modelem Fully Thrust. Wtedy to odbyło się pierwsze w historii Space X udane odzyskanie pierwszego stopnia rakiety lądującej na specjalnie przygotowanym lądowisku¹⁹. Niecałe pół roku później taki sam rodzaj rakiety po wyniesieniu na orbitę statku Dragon, z sukcesem wylądował na autonomicznej barce znajdującej się na wodach Pacyfiku²⁰. Prężny rozwój nowych rodzajów rakiet (m.in. Falcona Heavy czy Starship) pokazuje, że Space X dysponuje aktualnie najbardziej zaawansowaną technologią rakiet wielokrotnego użytku.

Kosmiczny wyścig o stworzenie najlepszej technologii rakiet wielokrotnego użytku trwa jednak nadal i nie ogranicza się wyłącznie do terytorium Stanów Zjednoczo-

nych. Pod koniec stycznia br. chińskie przedsiębiorstwo państwowe Exspace poinformowało o udanym teście rakiety Kuaizhou, która po udanym starcie i zawiśnięciu w powietrzu w kontrolowany sposób wylądowała na platformie²¹. W ostatnich latach w Chinach zauważyć można znaczny wzrost liczby przedsiębiorstw zainteresowanych wynoszeniem ładunków na orbitę ziemską. Przykładem jest iSpace oraz Land-space, które od kilku lat testują system pozwalające na wynoszeniem ładunków na orbitę i kontrolowany powrót rakiety na Ziemię.

Jednakże nowe technologie w kontekście turystyki kosmicznej to nie tylko wykorzystanie rakiet wielokrotnego użytku. W kontekście skomercjalizowania podróży kosmicznych oraz zmniejszenia kosztów należy wspomnieć o nowych rodzajach statków kosmicznych, z których korzystają największe przedsiębiorstwa na rynku kosmicznym.

Statek SpaceShipOne, wyprodukowany przez przedsiębiorstwo Scaled Composites był pierwszym prywatnym, załogowym pojazdem kosmicznym, który osiągnął przestrzeń kosmiczną, a jego budowa została sfinansowana wyłącznie z prywatnych środków. Historia SpaceShipOne jest związana z ogłoszonym w 1996 r. konkursem Ansari X Prize dla organizacji pozarządowych, którego celem było zachęcenie sektora prywatnego do stworzenia pojazdu wielokrotnego użytku, który zostanie w udany sposób wystrzelony na wysokość co najmniej 100 km. SpaceShipOne z powodzeniem spełnił określone przez komitet wymagania, dzięki czemu jego twórcy w 2004 r., oprócz wygranej w konkursie mogli cieszyć się także z 10 mln USD²². Sukces SpaceShipOne miał wielki wpływ na rozwój przemysłu turystyki kosmicznej. Po zdobyciu Nagrody Ansari X, pojawiło się znaczne zainteresowanie ze strony inwestorów oraz potencjalnych klientów, którzy marzyli o podróżach w kosmos. Mojave Aerospace Ventures, przedsiębiorstwo odpowiedzialne za pracę przy SpaceShipOne, kontynuowało swoje wysiłki w dziedzinie lotów kosmicznych. Przedsiębiorstwo zaczęło współpracę m.in. z Richardem Bransonem, założycielem Virgin Group, co zaowocowało powstaniem Virgin Galactic²³, które postawiło sobie za cel komercjalizację podróży kosmicznych dla ludzi spoza ścisłego grona astronautów zawodowych.

Wynikiem prac Virgin Galactic został suborbitalny SpaceShipTwo. Pojazd oparty na technologii wykorzystywanej w swoim poprzedniku SpaceShipOne. Pojazd jest wynoszony przez samolot-matkę, WhiteKnightTwo, na wysokość 15 km. Na tym pułapie odłącza się od macierzystego samolotu, uruchamia silnik rakietowy i wznosi się na suborbitalną wysokość około 90 km nad powierzchnią Ziemi²⁴ (NASA oraz siły zbrojne Stanów Zjednoczonych uznają 80,5 km za wysokość graniczną świadczącą o locie kosmicznym²⁵). W trakcie lotu przez kilka minut jego uczestnicy mogą doświadczyć uczucia nieważkości. Powrót, z uwagi na prędkość statku, która jest stosunkowo niewielka w porównaniu z innymi statkami orbitalnymi, odbywa się lotem ślizgowym²⁶. Praca nad tym pojazdem nie należała jednak do najłatwiejszych i została w pewnym stopniu zahamowana przez wypadek, do którego doszło w 2014 r. W trakcie lotu testowego na skutek awarii systemu wytracania prędkości śmierć poniósł jeden pilot, drugi natomiast katapultował się, doznając ciężkich obrażeń²⁷.

Dyskusyjna pozostaje kwestia tego czy program Virgin Galactic można uznać za sukces. Opracowana technologia ma potencjał, który w przyszłości może zrewolucjonizować rynek. Statki kosmiczne SpaceShipOne i SpaceShipTwo zostały skonstruowane, przetestowane i wprowadzone do użytku, co niewątpliwie stanowi osiągnięcie technologiczne. Program SpaceShip jest także pierwszym w pełni komercyjnym pro-

jektem, opracowanym i wcielonym dzięki prywatnym środkom. Można więc śmiało stwierdzić, że otworzył on drogę dla kolejnych inicjatyw w tym zakresie. Jednakże pojawia się równie wiele opinii wskazujących na poważne niepowodzenia tego projektu, argumentując je wieloma opóźnieniami w realizacji, śmiertelnym wypadkiem z 2014 r.²⁸ czy wciąż praktycznie znikomym poziomem dostępności nawet dla najbardziej majątnych osób.

Konkurentem dla programu Virgin Galactic jest przedsiębiorstwo Blue Origin zarządzane przez Jeffa Bezzosa – jednego z najbogatszych ludzi na świecie²⁹. W styczniu 2005 r. ogłoszono, że Blue Origin pracuje nad suborbitalnym statkiem kosmicznym nazwanym New Shepard. Pierwotnie planowano, że New Shepard rozpocznie loty komercyjne już w 2010 roku, terminy te były jednak wielokrotnie przekładane z powodu problemów technicznych. Ostatecznie pierwszy bezałogowy lot odbył się w 2015 r.³⁰, a pierwszym załogowy lot w 2021 r. Jedno z 5 miejsc w kapsule zostało wystawione na aukcję i wylicytowane za kwotę 28 mln USD. Pasażerami był m.in. Jeff Bezos, Wally Funk oraz Oliver Daemen – najmłodszy człowiek, który odbyła podróż w kosmos (18 lat)³¹. Od tego czasu odbyły się kolejne komercyjne loty, a łączny zysk Blue Origin z kosmicznej turystyki przekroczył 100 mln USD³². Już sama ilość wykonanych lotów oraz ich powodzenie wskazuje, że aktualną palmę pierwszeństwa w kontekście wyścigu kosmicznego pomiędzy wspomnianym Virgin Galactic, a Blue Origin zdaje się dzielić przedsiębiorstwo Bezzosa.

Czym charakteryzuje się statek New Shepard? Największą różnicą w odniesieniu do SpaceShipTwo jest procedura startu – pasażerowie mogą przeżyć start prawdziwej rakiety i tak jak „zawodowi” astronauta poczuć charakterystyczne wciskanie w fotel. W środku kapsuły nie ma potrzeby obecności doświadczonego astronauty, który sterowałby lotem. Po procedurze startu, rakieta, której zadaniem jest wyniesienie kapsuły w przestrzeń kosmiczną oddziela się od reszty modułu i powraca na miejsce startu, w sposób podobny do rakiet Space X. Po dotarciu kapsuły na wysokość około 100-110 km ponad poziom morza, turyści przez około 3 min mają okazję doświadczyć uczucia nieważkości. Kapsuła opada korzystając z pomocy 3 spadochronów i w krótkim czasie jest gotowa do kolejnego wykorzystania³³.

Kosmiczny program Blue Origin podobnie jak Virgin Galactic, również nie uniknął trudności. Awaria modułu kosmicznego w 2022 r. spowodowała zawieszenie programu na ponad rok³⁴. W tym przypadku nie odnotowano ofiar śmiertelnych, a następny – udany – lot miał miejsce pod koniec 2023 r.

Technologie kosmiczne to jednak nie tylko system rakiet wielokrotnego użytku czy nowe pojazdy kosmiczne. W kontekście rozwoju nowych technologii należy wskazać także m.in. technologię druku 3D, badania nad silnikami plazmowymi czy technologie podtrzymujące życie. Nie są one aż tak efektywne, jednak niezmiennie istotne dla zrównoważonego rozwoju turystyki kosmicznej.

Technologia druku 3D odgrywa coraz większą rolę w przemyśle, szczególnie w branżach technologicznych. Jej zaletami jest możliwość tworzenia skomplikowanych elementów oraz redukcja masy sprzętu, co jest kluczowe w kosmicznych warunkach. Druk 3D umożliwia również szybkie i precyzyjne wytwarzanie małych maszyn, co jest szczególnie użyteczne podczas tworzenia prototypów w warunkach kosmicznych, gdzie ograniczenia dotyczące masy, przestrzeni i zdolności produkcyjnych są znaczące. Dzięki drukowaniu 3D możliwe jest tworzenie precyzyjnych i lekkich komponentów.

tów kosmicznych na miejscu, co zmniejsza koszty transportu i ułatwia produkcję na potrzeby misji kosmicznych³⁵.

Sporą część uwagi poświęca się technologii silników plazmowych, jednakże nawet te o największej sile ciągu nie są w stanie samodzielnie wystartować z Ziemi i osiągnąć orbitę. W związku z tym nadal należy polegać na tradycyjnych rakietach. Jednakże rozwój prac nad tą technologią sprawia, że w przeciągu następnych kilkudziesięciu lat z orbity coraz częściej będą wyruszały w kosmos sondy, a w dłuższej perspektywie statki kosmiczne napędzane plazmowo³⁶.

Technologie podtrzymujące życie w przestrzeni kosmicznej rozumiemy nie tylko jako systemy pozwalające na recykling wody czy powietrza, ale również sposoby uprawy roślin czy technologii monitorowania zdrowia i życia. Na tym polu wciąż potrzeba rozwoju zaawansowanych systemów pozwalających na stałe śledzenie stanu zdrowia astronautów, w tym parametrów fizjologicznych³⁷.

W miarę dalszego postępu w turystyce kosmicznej, równie istotne co rozwój technologii kosmicznych, stanie się opracowanie kompleksowej infrastruktury biznesowej i ekonomicznej. Obejmie to nie tylko konstrukcję pojazdów kosmicznych, ale także cały szereg działań związanych z zarządzaniem, marketingiem, logistyką oraz wsparciem klienta. W ten sposób, sukces turystyki kosmicznej będzie zależał nie tylko od technologicznych osiągnięć, ale także od zdolności branży do stworzenia stabilnych i efektywnych struktur operacyjnych, które zapewnią nie tylko komfort i bezpieczeństwo podróży, ale także zrównoważoną i opłacalną działalność gospodarczą.

4. ODPOWIEDZIALNY ROZWÓJ TURYSTYKI KOSMICZNEJ: W POSZUKIWANIU RÓWNOWAGI MIĘDZY EKSPLOACJĄ A ETYKĄ

Rozważając problematykę turystyki kosmicznej należy odnieść się do coraz wyraźniej rozbrzmiewającego aspektu moralności w kontekście rozwoju technologii kosmicznych. Choć wyprawy w kosmos wciąż są zarezerwowane dla nielicznych, ich wpływ na otaczające środowisko oraz idące za tym problemy moralne, nie mogą być ignorowane. Rozwój turystyki kosmicznej stawia przed ludzkością wiele pytań natury etycznej, które obejmują wpływ na środowisko, wykorzystanie zasobów kosmicznych oraz bezpieczeństwo podróżujących.

Pomimo pozornej neutralności dla klimatu, turystyka kosmiczna nieuchronnie niesie za sobą wiele konsekwencji środowiskowych. Przede wszystkim, starty rakiet i inne operacje związane z podróżami kosmicznymi powodują emisję gazów cieplarnianych i innych zanieczyszczeń, choć w porównaniu z innymi sektorami gospodarki jest to obecnie niewielki udział. Problem ten jest jednak szczególnie istotny w zestawieniu z coraz to większym kryzysem związanym z globalnym ociepleniem. Środowiska naukowe wskazują wprost, że komercyjne podróże kosmiczne prowadzone przez przedsiębiorstwa takie jak SpaceX, Virgin Galactic i Blue Origin negatywnie wpływają na ziemski klimat, zwiększając ryzyko dalszego uszkodzenia warstwy ozonowej naszej planety.

Naukowcy z trzech uczelni, brytyjskich University College London i University of Cambridge oraz amerykańskiego Massachusetts Institute of Technology, od 2019 r. prowadzili badania dotyczące wpływu lotów kosmicznych na atmosferę, w szczególności na jej górną warstwę. Odkryto, że sadza emitowana przez statki kosmiczne może uszkadzać warstwę ochronnego ozonu wokół Ziemi i zatrzymywać ciepło nawet 500

razy więcej niż inne źródła sadzy³⁸. Co więcej według badaczy, warstwa sadzy, która mogłaby powstać w wyniku startów rakiet jest nierównomiernie skoncentrowana co prowadzi do znaczącej asymetrii półkulowej. Ta dysproporcja mogłaby skutkować liniowym spadkiem temperatury o około 0,4 °C w strefie tropikalnej i subtropikalnej. Temperatura na biegunach mogłaby natomiast wzrosnąć od 0,2 do nawet 1 °C. Dodatkowo, warstwa ozonowa uległaby uszkodzeniu, z prognozowaną utratą pokrywy ozonowej o około 1,7% w tropikach i wzrostem o 5-6% w regionach polarnych³⁹.

W kontekście skutków dla środowiska należy wspomnieć także o ryzyku generowania śmieci kosmicznych. Poruszanie się obiektów kosmicznych wokół Ziemi zwiększa ryzyko kosmicznych kolizji, co może prowadzić do powstania dodatkowych fragmentów śmieci kosmicznych. Te fragmenty, poruszające się z ogromnymi prędkościami, stanowią zagrożenie dla satelitów i stacji kosmicznych, a także kolejnych misji kosmicznych. Aby zmniejszyć negatywne skutki turystyki kosmicznej dla środowiska, konieczne jest opracowanie odpowiednich regulacji i standardów. W szczególności, ważne jest monitorowanie emisji gazów cieplarnianych i promowania bardziej ekologicznych technologii w sektorze kosmicznym. Przykładem mogą być chociażby rakiety wielokrotnego użytku czy budowa statków kosmicznych wielokrotnie wykorzystywanych w misjach kosmicznych. Jest to rozwiązanie proekologiczne oraz z korzyścią wpływające na zmniejszanie kosztów podróży kosmicznych.

Ponadto, konieczne jest również opracowanie systemów monitorowania i usuwania kosmicznych śmieci, aby zmniejszyć ryzyko kolizji w przestrzeni kosmicznej. Inicjatywy takie jak ClearSpace, które mają na celu usunięcie dużej ilości kosmicznych odpadów, są krokiem we właściwym kierunku⁴⁰.

W dalszej perspektywie, turystyka kosmiczna, a szerzej rozwój poszczególnych gałęzi technologii kosmicznych może prowadzić do eksploracji i wykorzystywania zasobów kosmicznych na poszczególnych planetach czy asteroidach.

W kontekście rozważań o moralności podróży kosmicznych ważnym aspektem jest kwestia bezpieczeństwa podróży. Podróże w przestrzeń kosmiczną są obciążone dużym ryzykiem wypadków i katastrof, co stawia pytanie o aspekt moralności wystawiania pasażerów na tego rodzaju niebezpieczeństwo. Granicznym momentem rozwoju turystyki kosmicznej jest początek XXI w. Od tego czasu w różnej formie i korzystając z wielu rodzajów statków kosmicznych ludzie podróżowali w kosmos w celach turystycznych. Należy wskazać, że od tego momentu turystyczne podróże kosmiczne nie spowodowały wystąpienia wypadku, w którym śmierć poniósłby turysta. Najbardziej tragicznym zdarzeniem była katastrofa SpaceShipTwo w październiku 2014 r. Pojazd eksplodował na wysokości 15 km w trakcie testów na pustyni Mojave w Kalifornii. Jeden z pilotów Peter Siebold, zdążył się katapultować i z poważnymi obrażeniami wylądował ze spadochronem na Ziemi, drugi z pilotów Michael Alsbury, zginął na miejscu⁴¹.

Przed każdym lotem, przyszli podróżnicy są szczegółowo informowani o poszczególnych etapach podróży oraz możliwych niebezpieczeństwach. Jest to nie tylko kwestia przestrzegania protokołów, ale także posiadania odpowiedniego przeszkolenia w zakresie reagowania na sytuacje awaryjne. Ma to na celu minimalizację ryzyka oraz zapewnienie maksymalnego bezpieczeństwa każdemu podróżnemu. Uczestnicy lotu kosmicznego przechodzą odpowiednie szkolenia, które w wielu przypadkach nie różnią się wiele od tych, które muszą przejść zawodowi astronauta. Richard Garriott,

szósty w historii turysta kosmiczny podczas wywiadu stwierdził, że jego szkolenie było identyczne z wymaganiami członków załogi statku Sojuz. Garriott wspomniał również, że jeśli trzeba dokonać rozróżnienia, to wolałby być nazywany „prywatnym astronautą” niż „turystą”⁴².

Kwestię bezpieczeństwa podróżujących należy również zestawić z koniecznością kontynuacji rozwoju nauki. Pionierzy w swoich dziedzinach często podejmowali się działań, które wydawały się ryzykowne i niebezpieczne. Jednak ich odwaga i determinacja otwiera nowe ścieżki dla przyszłych odkryć. Należy pamiętać, że dzięki odwadze ludzkość dokonała kluczowych odkryć naukowych i geograficznych. Wydaje się, że odwaga i ciekawość stanowią podstawę ludzkiej natury i determinują rozwój gatunku – postawy te są fundamentem również w kontekście rozwoju kosmicznej turystyki i całego sektora kosmicznego.

Podczas dyskusji na temat moralności podróży kosmicznych ważną sprawą jest odpowiednie określenie osób, które uczestniczą w lotach, oraz związane z tym kontrowersje. Osoby, które podróżują w kosmos, ale nie są wyszkolonymi astronautami, są określane jako „uczestnicy lotu kosmicznego” – jest to oficjalny termin używany przez NASA i Rosyjską Federalną Agencję Kosmiczną w celu odróżnienia ich od zawodowych astronautów⁴³. Oprócz odpowiedniego szkolenia czy posiadanego doświadczenia, aspektem który wzbudza kontrowersje, jest motywacja kosmicznych turystów i zawodowych astronautów. Turyści są zazwyczaj osobami, które płacą za swoją podróż. Głównym celem turystów jest m.in. doświadczenie lotu, zobaczenie Ziemi z kosmosu i wyjątkowe przeżycia z tym związane⁴⁴. Natomiast astronauta zawodowi, czyli wyszkoleni specjaliści, podróżują w kosmos w ramach misji naukowych, badawczych lub operacyjnych, zgodnie z programem agencji kosmicznych praktycznie za każdym razem dokonując odkryć będących z korzyścią dla całej ludzkości. Sprawia to, że określanie kosmicznych turystów astronautami budzi zrozumiały dysonans.

5. PODSUMOWANIE

Podróżowanie poza granice naszej planety staje się coraz bardziej realne i dostępne, głównie dzięki dynamicznemu postępowi technologicznemu oraz rosnącemu zainteresowaniu turystyką kosmiczną. W ostatnich kilkunastu latach obserwuje się znaczący rozwój w tej dziedzinie, począwszy od lotów suborbitalnych po obecności kosmicznych turystów na ISS. Wprowadzenie nowych technologii, takich jak rakiety wielokrotnego użytku oraz udoskonalone pojazdy kosmiczne, nie tylko zmniejsza koszty podróży w kosmos, ale także coraz bardziej zwiększa dostępność dla potencjalnych turystów. Kwestią czasu jest rozbudowa rynku oraz pojawienie się na nim kolejnych przedsięwzięć świadczących usługi turystyki kosmicznej. Rozwój projektów takich jak SpaceX czy Blue Origin, wspieranych przez coraz bardziej zaawansowane technologicznie kraje, sprawia, że globalizacja pozaziemskich podróży staje się realna i może stać się powszechnie dostępna jeszcze w tym stuleciu. Niezależnie jednak od tempa rozwoju tej branży, kluczowe jest zachowanie ostrożności, dbałość o bezpieczeństwo podróżujących oraz przestrzeganie standardów etycznych i środowiskowych. Tylko w ten sposób możemy zapewnić, że podróże w kosmos będą bezpieczne i dostępne dla przyszłych pokoleń, otwierając nowe horyzonty odkryć i doświadczeń podróży kosmicznych.

-
- ¹ <https://www.kwantowo.pl/2021/07/14/gdzie-zaczyna-sie-kosmos/>
- ² <https://www.nationalgeographic.com/science/article/future-spaceflight>
- ³ <https://www.sciencedirect.com/topics/social-sciences/space-tourism>
- ⁴ Polkowska M., Space tourism challenges, Review of european and comparative law, Volume XLV, 2021 r., s. 156
- ⁵ https://pl.wikipedia.org/wiki/Dennis_Tito,
- ⁶ https://pl.wikipedia.org/wiki/Lista_kosmicznych_turyst%C3%B3w,
- ⁷ <https://spacenews.com/virgin-galactic-conducts-first-space-tourist-suborbital-flight/>,
- ⁸ <https://geekweek.interia.pl/astronomia/news-branson-jednak-podbija-kosmos-mimo-porazki-virgin-orbit,nId,6802214>,
- ⁹ Polkowska M., Space tourism..., s. 158¹⁰ <https://naukawpolsce.pl/tag/jurij-gagarin>,
- ¹¹ <https://www.kdcresource.com/insights-events/the-rise-of-reusable-rockets-transforming-the-economics-of-space-travel/>
- ¹² <https://businessinsider.com.pl/technologie/nowe-technologie/rakiety-wielokrotnego-uzytku-jak-dzialaja/mdb4k22>
- ¹³ <https://www.wired.com/2014/09/wernher-von-brauns-fantastic-vision-ferry-rocket/>,
- ¹⁴ <https://www.nasa.gov/reference/space-launch-system-solid-rocket-booster/>
- ¹⁵ https://pl.wikipedia.org/wiki/Odzyskiwanie_i_remont_rakiet_wspomagajacych
- ¹⁶ https://pl.wikipedia.org/wiki/Zbiornik_zewnetrzny_promu_kosmicznego
- ¹⁷ <https://kosmonauta.net/2018/02/15-lat-od-katastrofy-promu-columbia/>
- ¹⁸ https://www.smithsonianmag.com/air-space-magazine/the-tale-of-falcon-1-5193845/#google_vignette
- ¹⁹ <https://www.theverge.com/2015/12/21/10640306/spacex-elon-musk-rocket-landing-success>
- ²⁰ https://pl.wikipedia.org/wiki/Falcon_9
- ²¹ <https://www.chip.pl/2024/02/chinska-rakieta-wielokrotnego-uzytku-testy>
- ²² <https://www.xprize.org/prizes/ansari>
- ²³ <https://www.space.com/18993-virgin-galactic.html>
- ²⁴ <https://en.wikipedia.org/wiki/SpaceShipTwo>
- ²⁵ <https://www.space.com/karman-line-where-does-space-begin>
- ²⁶ <https://www.space.com/virgin-galactic-first-glide-flight-spaceport-america.html>
- ²⁷ <https://www.space.com/30073-virgin-galactic-spaceshiptwo-crash-pilot-error.html>
- ²⁸ <https://www.space.com/30073-virgin-galactic-spaceshiptwo-crash-pilot-error.html>
- ²⁹ https://pl.wikipedia.org/wiki/Blue_Origin
- ³⁰ <https://www.space.com/31202-blue-origin-historic-private-rocket-landing.html>
- ³¹ <https://www.blueorigin.com/news/first-human-flight-updates>
- ³² <https://www.cnn.com/2021/07/20/jeff-bezos-blue-origin-space-tourist-sales-approaching-100-million.html>
- ³³ <https://www.urania.edu.pl/wiadomosci/rakieta-new-shepard-wykonuje-pierwszy-kosmiczny-lot-zalogowy>
- ³⁴ <https://space24.pl/pojazdy-kosmiczne/systemy-nosne/rakieta-new-shepard-wraca-do-gry-blue-origin-podalo-date>
- ³⁵ <https://www.konstrukcjeinzynierskie.pl/aktualnosci/wydarzenia/3366-druk-3d-z-metalu-w-kosmosie>
- ³⁶ <https://www.ifpilm.pl/34-osiagniecia/86-kryptonowy-silnik-plazmowy-dla-sond-kosmicznych>
- ³⁷ <https://innospace.pl/technologie-ktore-maja-znaczący-wplyw-na-eksploracje-kosmosu/>
- ³⁸ <https://theconversation.com/virgin-galactics-use-of-the-overview-effect-to-promote-space-tourism-is-a-terrible-irony-206868>
- ³⁹ <https://www.ucl.ac.uk/news/2022/jun/climate-damage-caused-growing-space-tourism-needs-urgent-mitigation>
- ⁴⁰ <https://clearspace.today/>
- ⁴¹ <https://www.crazynauka.pl/katastrofa-spaceshiptwo-zbyt-wczesnie-otwarty-system-hamowania/>
- ⁴² https://global.jaxa.jp/article/interview/vol63/index_e.html
- ⁴³ <https://spidersweb.pl/2021/07/astronauta-czy-nieastronauta-nowa-definicja.html>
- ⁴⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Space_tourism

ABSTRAKT:

PL: Turystyka kosmiczna jest coraz bardziej realna dzięki dynamicznemu rozwojowi technologicznemu. Nowe technologie, takie jak rakiety wielokrotnego użytku i udoskonalone statki kosmiczne, obniżają koszty i zwiększają komercyjną dostępność podróży kosmicznych. Artykuł analizuje wpływ nowych technologii na rozwój turystyki kosmicznej, skupiając się na kluczowych aspektach technologicznych, środowiskowych i moralnych. W pierwszej części artykułu opisana została kwestia technologii rakiet wielokrotnego użytku, rozwijanych przez m.in. SpaceX oraz ich wpływu na rynek turystyki kosmicznej. Następnie autor analizuje nowe pojazdy kosmiczne, takie jak SpaceShipTwo i New Shepard, porównując ich specyfikę i możliwości. Ponadto, w artykule zwrócono uwagę na kolejne innowacje technologiczne, takie jak druk 3D, silniki plazmowe oraz technologie podtrzymywania życia w warunkach kosmicznych. W dalszej części artykułu przedstawiono wyzwania etyczne i środowiskowe związane z rozwojem turystyki kosmicznej, takie jak emisja gazów cieplarnianych i ryzyko kolizji z kosmicznymi śmieciami. Autor zwraca uwagę na zagrożenia bezpieczeństwa oraz moralne aspekty turystyki kosmicznej. Ponadto, wskazuje na kontrowersje dotyczące określania „kosmicznych turystów” mianem „astronautów”. Podsumowanie artykułu wskazuje, że turystyka kosmiczna otwiera nowe możliwości, ale stawia także przed ludzkością szczególne wyzwania. Według autora konieczne jest wypracowanie regulacji i standardów bezpieczeństwa, a także odpowiedzialne podejście do kwestii etycznych i ochrony środowiska. Tylko wtedy kosmiczne podróże będą dostępne dla przyszłych pokoleń i staną się źródłem ważnych odkryć.

ENG: Space tourism is increasingly feasible thanks to dynamic technological developments. New technologies, such as reusable rockets and improved spacecraft, are reducing costs and increasing the commercial availability of space travel. This article analyses the impact of new technologies on the development of space tourism, focusing on key technological, environmental and moral aspects. The first part of the article describes the issue of reusable rocket technology, developed by SpaceX among others, and its impact on the space tourism market. The author then analyses new space vehicles such as SpaceShipTwo and New Shepard, comparing their characteristics and capabilities. In addition, the article highlights further technological innovations such as 3D printing, plasma engines and space-based life support technologies. The article goes on to outline the ethical and environmental challenges associated with the development of space tourism, such as greenhouse gas emissions and the risk of collisions with space debris. The author highlights the safety issues and moral aspects of space tourism. In addition, he points out the controversy over referring to ‚space tourists’ as ‚astronauts’. The summary of the article indicates that space tourism opens up new opportunities, but also poses particular challenges for humanity. According to the author, it is necessary to develop regulations and safety standards, as well as a responsible approach to ethical and environmental issues. Only then will space travel be accessible to future generations and become a source of important discoveries.

SŁOWA KLUCZOWE:

PL: Kosmos, lot kosmiczny, turystyka kosmiczna, technologie kosmiczne, rakiety wielokrotnego użytku, pojazdy kosmiczne

ENG: Space, spaceflight, space tourism, space technology, reusable rockets, space vehicles