Ensuring Sustainable Space Development

John P. Janka

11 May 2022

Viasat

Overview

- We're beginning the New Space Age
- GSO:
  - 20-30x increases in satellite capacity
    - More cost-effective; more people served; new services
  - Capacity focused where demand exists
  - Support smaller user devices and mobility (land, sea, air)
- LEO:
  - ITU filings to deploy over 1-Million LEO satellites in next decade
  - New applications for remote sensing/earth observation, science, defense, position, navigation & timing, etc.
  - Hybrid LEO & GEO solutions
  - Smaller and more capable LEO satellites (less environmental impact)
- Must accommodate LEO & GEO safely, sustainably & equitably
  - Before LEO fills up with just a few systems
  - To cultivate competition & growth, including for sovereign systems

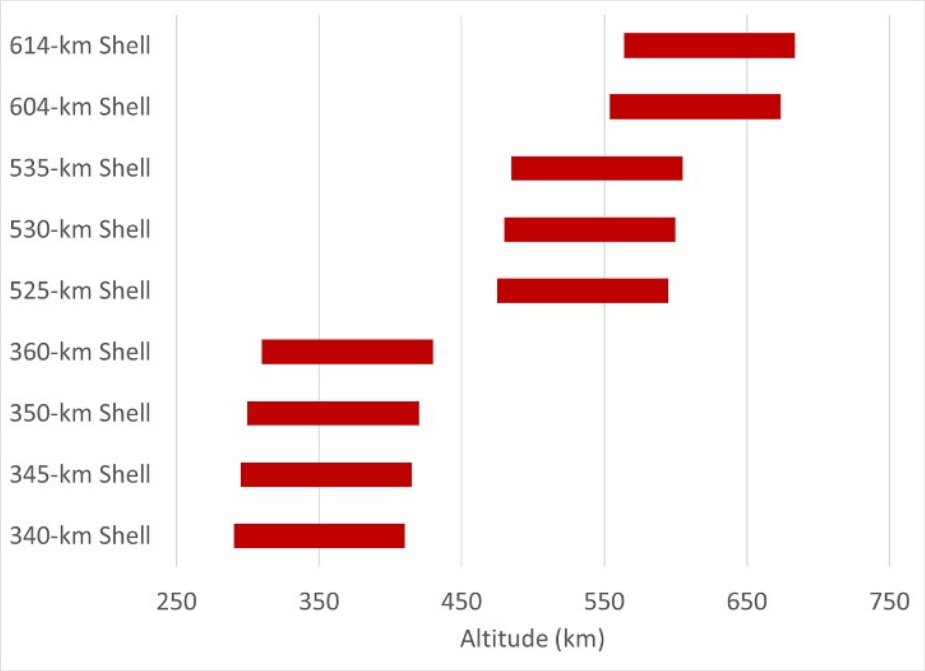
Sustainability Development Risks in LEO

- Over-consuming shared & limited orbital resources
  - ✓ Orbit hoarding
  - ✓ Spectrum preclusion
  - ✓ Interference that degrades service/reduces capacity
- Increasing collision risk that affects others
- Reaching LEO environmental limits
  - ✓ Carrying capacity
  - ✓ Sustainable commercial, civic, and military activity
  - ✓ Astronomy (radio & optical) and the dark night sky
  - ✓ Earth's atmosphere and animal & plant ecosystems

Shared & Limited Orbital Resources Takeaway:

- ***Must cultivate growth opportunities for both NGSO & GSO***

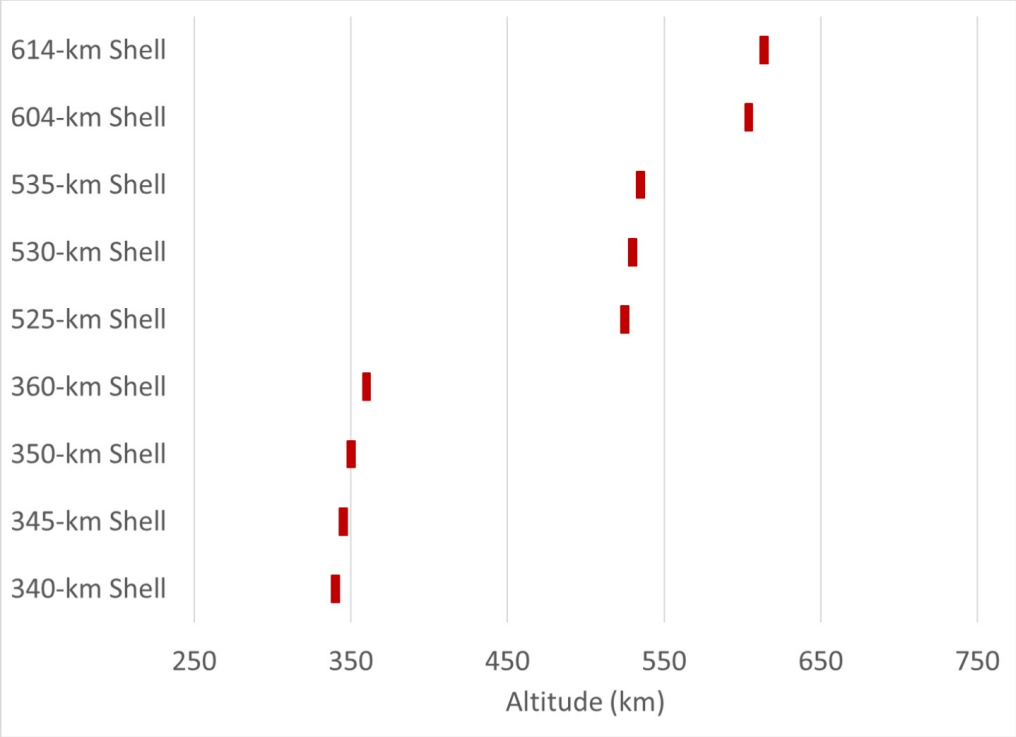
Precluding Other Valuable Uses of Shared Orbits



- One company seeks authority to operate across ***~86% of altitudes from 300-700 km***
- Other NGSOs would be precluded from ***safely*** accessing these orbits without its consent

Viasat

Sustainability Requirement: Must Make Orbits Available for Other NGSOs



- ***Require NGSO systems to operate within reasonable orbital tolerances***
- Many already do so (+/- a few kilometers)

Viasat

Precluding Other Valuable Uses of Shared Spectrum

	Blocking NGSO System	
Other NGSO System	**4,408 Satellites**	**34,396 Satellites**
300 Satellites	28%	100%
1,000 Satellites	5%	99%
3,000 Satellites	2%	99%

Percentage of Time Larger NGSO System Blocks Smaller Systems
(user terminal at representative location in Tashkent)

- One large NGSO system threatens ***significant capacity losses for all other NGSOs***
  - Large system unaffected; can use other "look angles" for service

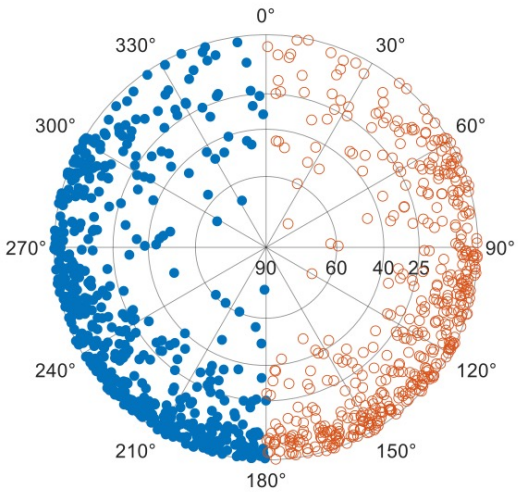
Viasat

Sustainability Requirement: Must Ensure Spectrum Access for Other NGSOs

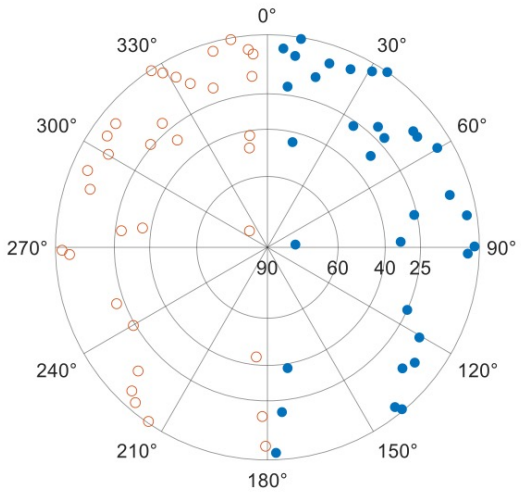
- Mandate "look angle" splitting: *Evenly divide* satellite azimuths at locations where interference expected between NGSO systems
- Same level of splitting *regardless of number of satellites in NGSO system*; equal burden sharing

Example:

System A earth station can use any satellite to the West



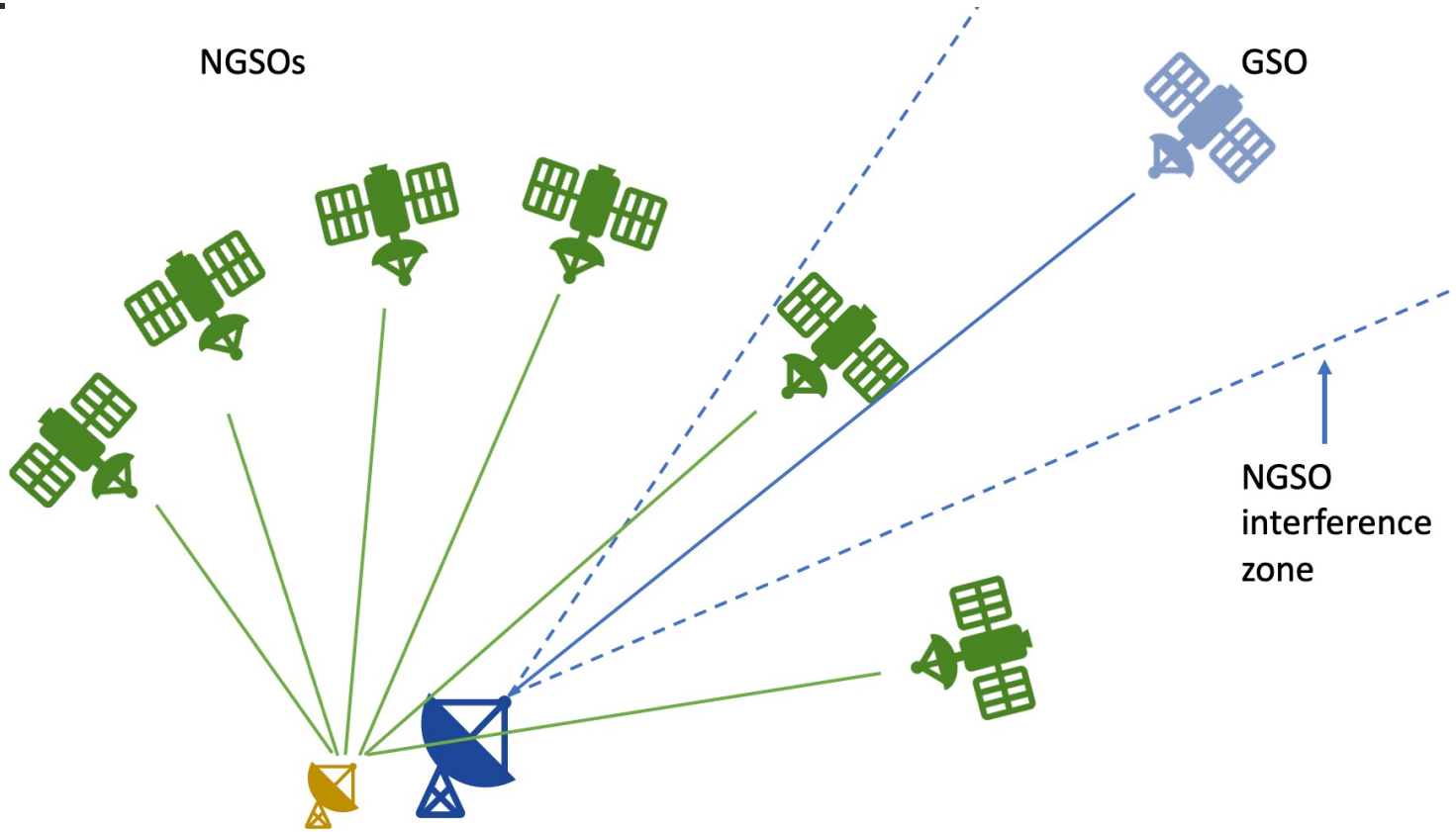
System B earth station can use any satellite to the East



Viasat

Causing Interference into GSOs

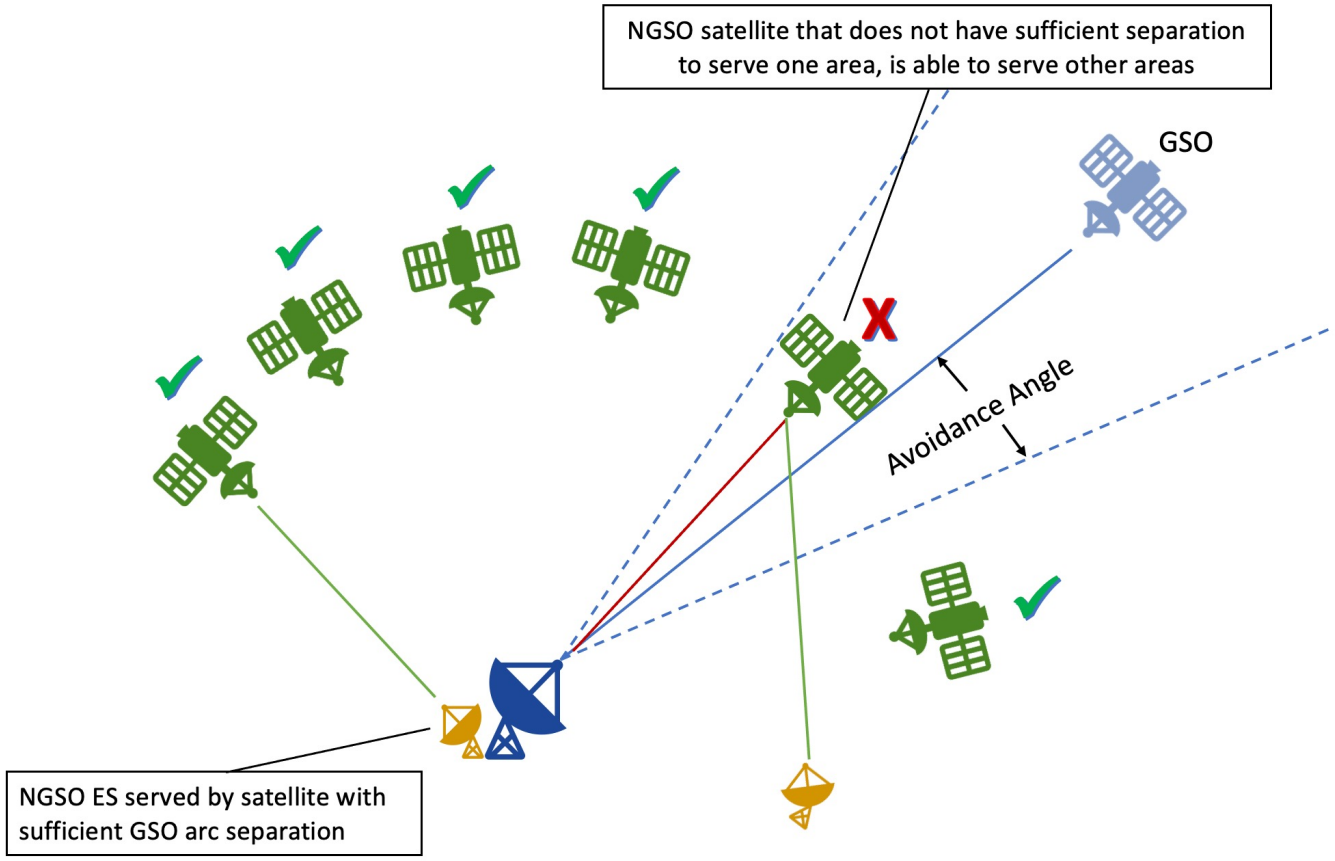
- Some NGSOs seek to transmit directly into the GSO arc
- ***Would cause significant interference and capacity losses***



Viasat

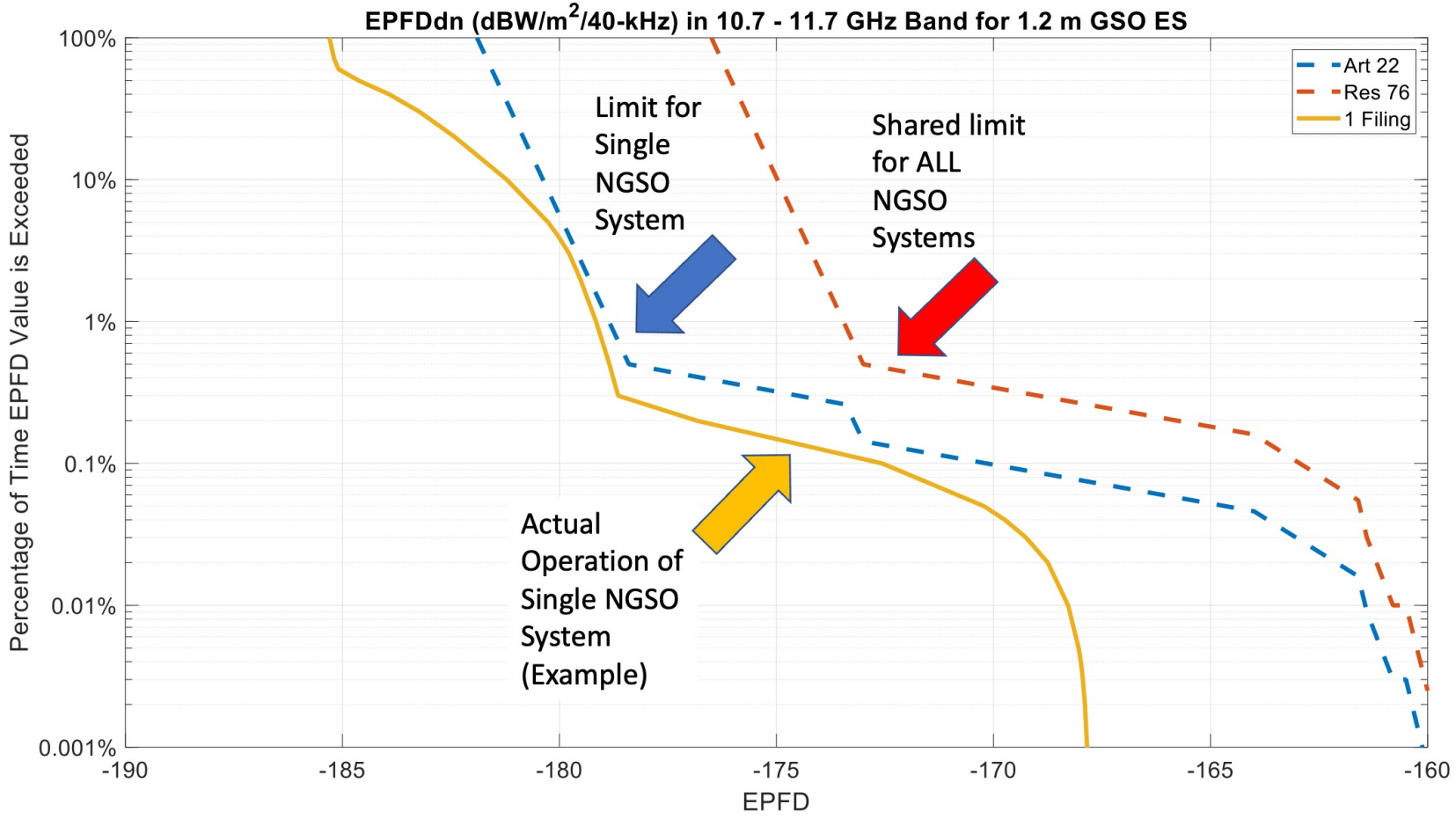
Sustainability Requirement: Don't Let NGSOs Transmit Toward GSO Arc

- Maintain GSO arc avoidance angle
- ***Employ standard sharing technique used for decades***

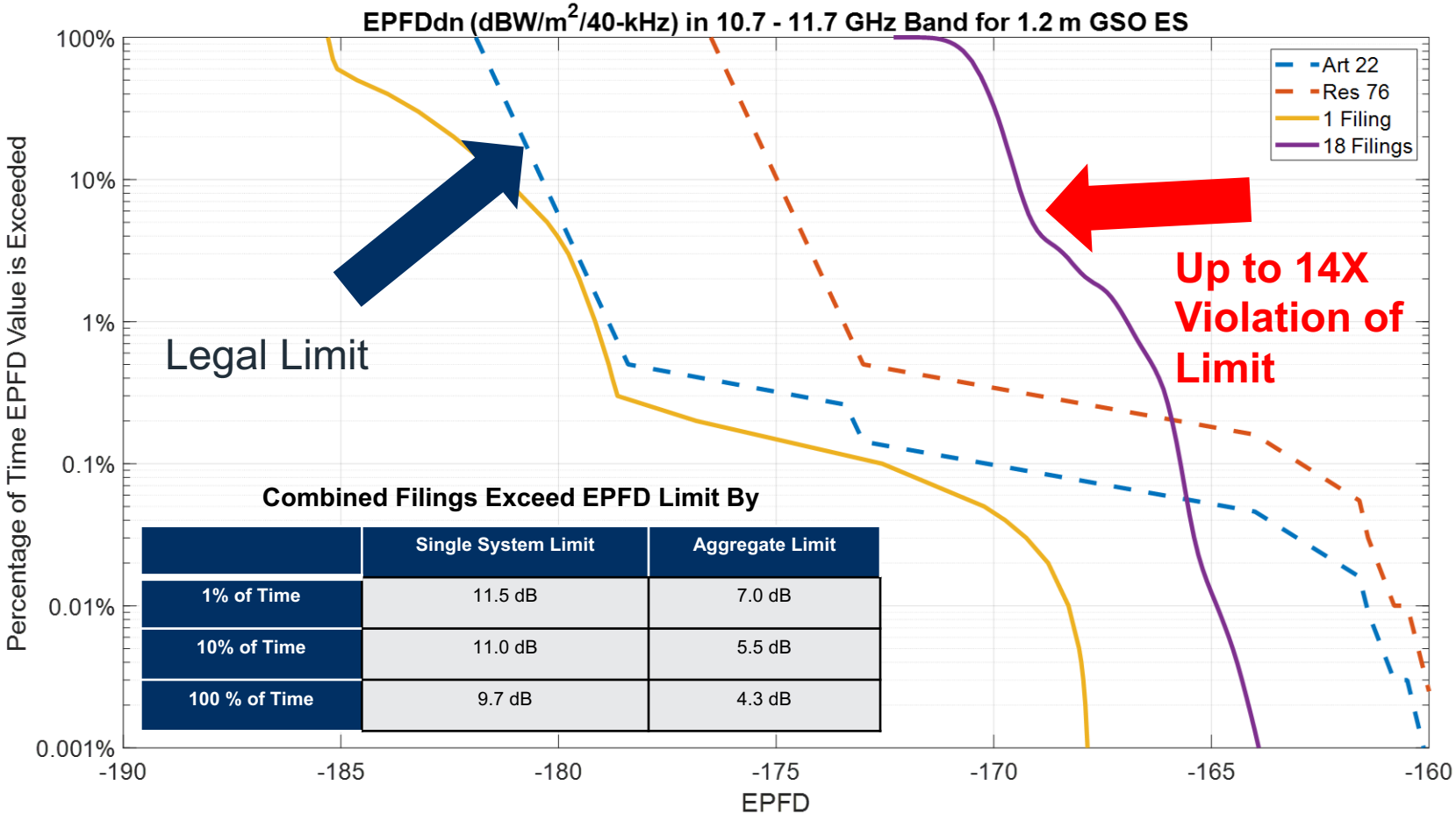


Viasat

ITU Rules Limit Interference Into GSOs



Operating Single NGSO System Under Multiple ITU Filings *Violates the Limits*



Combined Filings Exceed EPFD Limit By

	Single System Limit	Aggregate Limit
1% of Time	11.5 dB	7.0 dB
10% of Time	11.0 dB	5.5 dB
100 % of Time	9.7 dB	4.3 dB

Viasat

Sustainability Requirement: NGSO Systems Must Follow the Rules

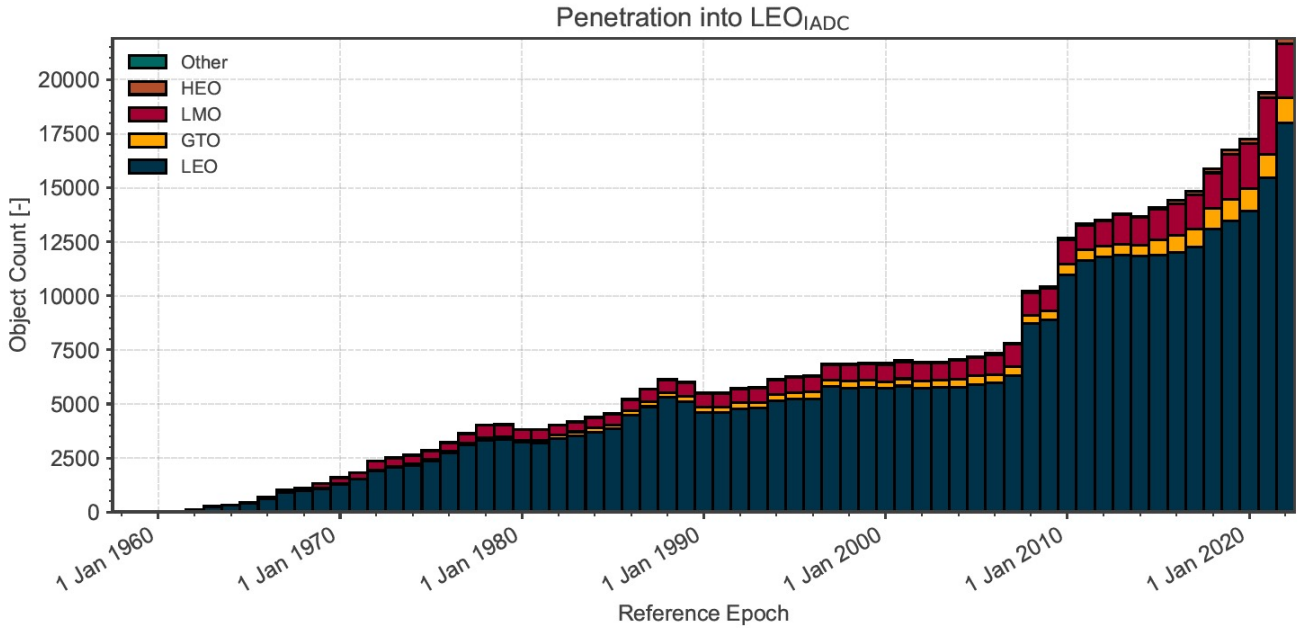
Each NGSO system must honor interference limit for *a single NGSO system*

Space Safety Takeaways:

- ***Individual small risks add up***
- ***Each NGSO satellite contributes to a system's aggregate collision risk profile***

LEO Is Getting More Crowded & Riskier

ESA's Space Environment Report 2022



(a) Evolution of absolute number of objects.

Increasing traffic, congestion & creation of "long-lasting" space debris

Viasat

And It Affects EVERYONE Who Uses Space

CNN BUSINESS

Space is becoming too crowded, Rocket Lab CEO warns

By Jackie Wattles, CNN Business

Updated 1406 GMT (2206 HKT) October 8, 2020

Rocket Lab CEO Peter Beck said that the sheer number of objects in space right now — a number that is growing quickly thanks in part to SpaceX's satellite internet constellation, Starlink — is making it more difficult to find a clear path for rockets to launch new satellites.

Beck … said he is frustrated that so much of the conversation about space junk revolves around the risk of in-orbit collisions, and there's not as much conversation about how space traffic is already impacting the launch business.

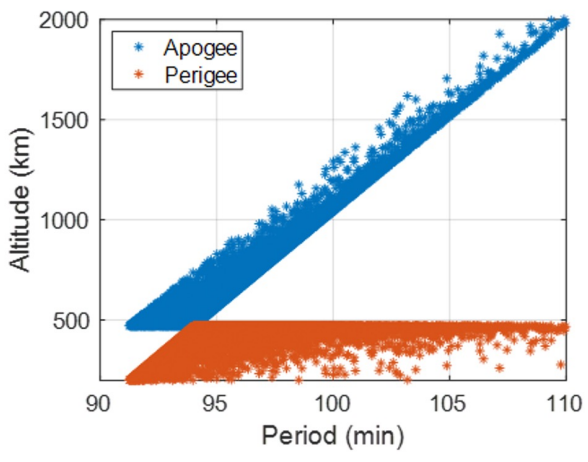
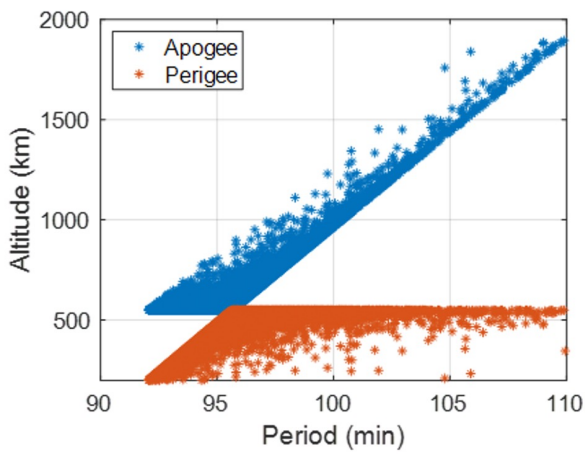
Debris in LEO Is Dangerous

Debris Object Size	Number in Orbit	Effect of Collision on Active Satellite
>10 cm	> 30,000	Catastrophic
1 cm to 10 cm	Est. >1,000,000	May be catastrophic or render it non-operable
1 mm to 1 cm	Est. > 330 million	May render it non-operable

Effects of Satellites Colliding with Debris

Satellite Collisions Spread Dangerous Debris 100s of Kilometers Away

- ***Collisions can disable and destroy satellites***

COSMOS-1408 ASAT Test	Starlink-Starlink Collision
	

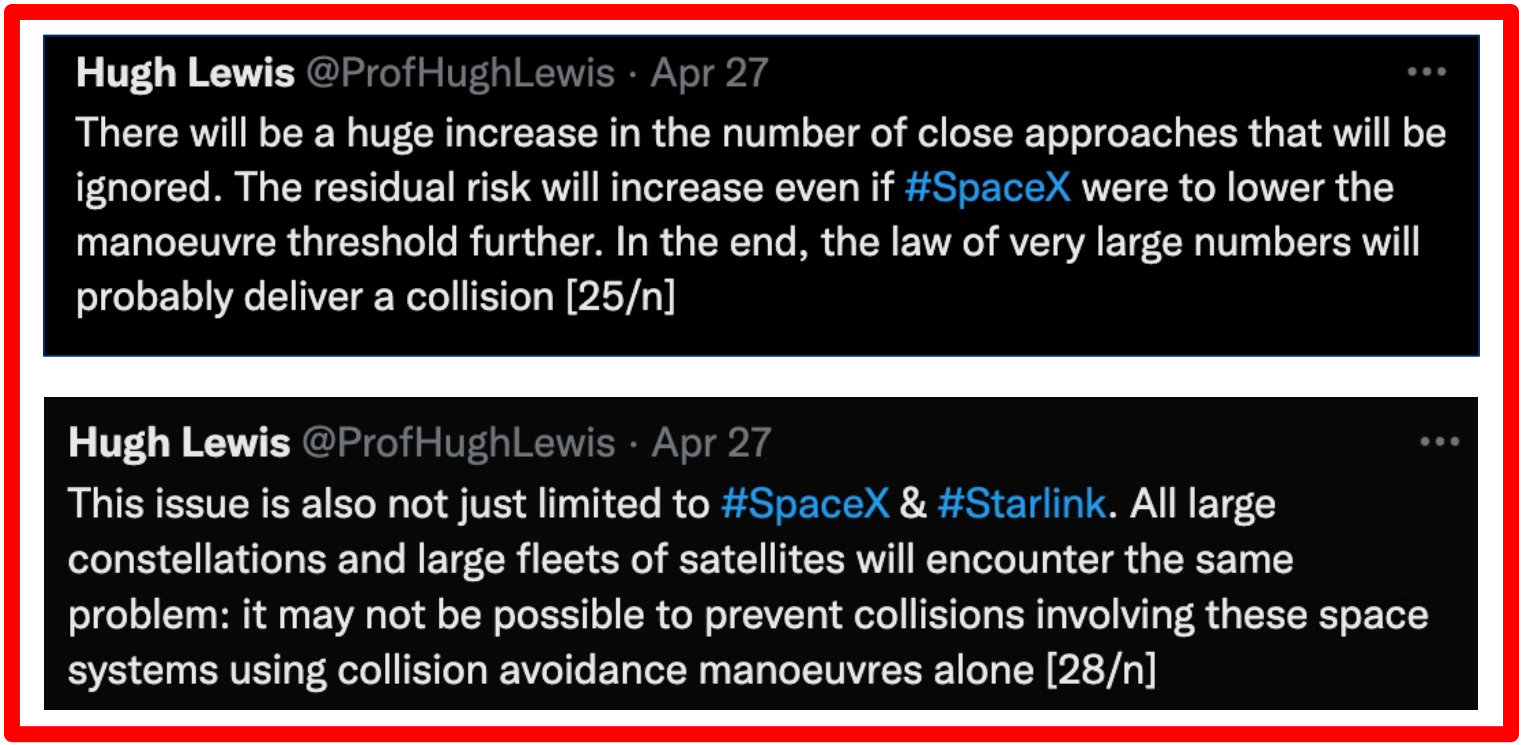
Modeled LNT Fragments from COSMOS-1408 ASAT Test (77,706 LNT fragments) and Starlink-Starlink Collision (26,968 LNT fragments) (based on 260 kg v.1 Starlink design)

- ***Can't avoid what you can't see***
  - Lethal non-trackable debris (LNT) (1-10 cm in size) can't be tracked or avoided

Viasat

All Collisions in LEO Cannot Be Avoided

- Huge increase in “close approaches” in LEO
- Satellites that can’t maneuver (fail) can’t avoid collisions
- Even maneuverable satellites won’t avoid all collisions



Environmental Sustainability Takeaways:

- ***"Capacity" limits exist in LEO***
- ***Must optimize what is deployed to work within those limits***

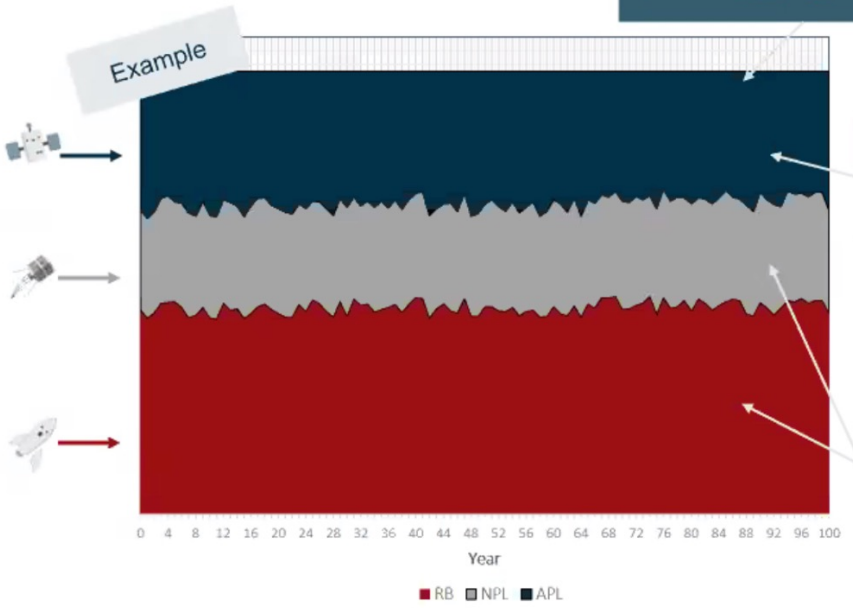
Sustainability Limits to Populating LEO

Space Environment Capacity - concept

number & type of missions compatible with the stable and low risk evolution of the environment

esa

Ceiling (total aggregated risk) — Can be estimated through long-term simulations of the environment (e.g. baseline scenario)



Capacity available for new&active missions — Could use allocation mechanism

Capacity consumed by non-functional objects — Changes dynamically with the evolving environment

RB: Rocket Bodies | **NPL**: Inactive payloads | **APL**: Active payloads

5

→ THE EUROPEAN SPACE AGENCY

Viasat

Sustainability Limits to Populating LEO

PERSPECTIVE
https://doi.org/10.1038/s41550-022-01655-6

nature astronomy

Check for updates

The case for space environmentalism

Andy Lawrence[1]✉, Meredith L. Rawls[2], Moriba Jah[3,4], Aaron Boley[5], Federico Di Vruno[6], Simon Garrington[7], Michael Kramer[8,9], Samantha Lawler[10], James Lowenthal[11], Jonathan McDowell[12] and Mark McCaughrean[13]

- "[G]rowing commercial exploitation of what may seem to be a 'free' resource is in fact externalizing the true costs."
- Need to understand costs LEO systems impose on:
  - Astronomy (radio and optical) and the dark night sky
  - Earth's atmosphere and animal and plant ecosystems
  - Space environment supporting commercial, civic, and military activity
- "When we launch dozens of satellites every few weeks, we remove the environment's ability to inform us of the unintended consequences of our actions and we cannot predict what the dynamic equilibrium state actually is."

Sustainability: The Time to Act Is Now

- "We now stand at a crossroads: if we do not find ways to manage space traffic, our past and present space activities will jeopardise the safety, security and sustainability of outer space and, as a result, our future ability to rely on space as enabler of key services in benefit of humankind."

  European Commission, Joint Communication to the European Parliament and the Council: An EU Approach for Space Traffic Management; An EU Contribution Addressing a Global Challenge (JOIN(2022) 4 final)

- 624 satellites launched in Q1 2022 alone
- 30,000 satellite Starlink Gen 2 would require launch cadence of ~100 satellites every 6 days for system lifetime (~6,000 per year)

Sustainability: Solutions Are At Hand

- ***We can have both robust use of LEO and sustainable use <u>for everyone</u>***
  - Remote sensing/earth observation
  - Science
  - Defense/security
  - Position, navigation & timing
  - Communications
- ***Smaller & more capable satellites are one solution***
  - Lower risk of collisions, less environmental impact
  - Sturza, M.A., Saura Carretero, G., Consequences of LEO Satellite Collisions – The Fragments (2021), 11th IAASS Conference – Managing Risk in Space, https://www.viasat.com/space-innovation/space-policy/space-debris/

National Licensing Is the Only Realistic Way to Address National Harms

- Countries filling up LEO are not looking out for others
  - Competition
  - Spectrum & Orbit Access
  - Environmental
- French decision recognizes importance of *close look at national harms at the market access stage*:

  "[ARCEP's decision] constitutes even one of the rare decisions, if not the only one, taken by France which conditions the provision of Starlink services on our territory."

  French court (Le Conseil d'État) invalidation of Starlink market access, conclusions of rapporteur, Case No. 455321

Viasat

Conclusions

1. LEO activity is increasing at an exponential rate with inadequate regulation
2. Certain LEO players are attempting to seize all LEO resources & hobble competition
3. Must cultivate room for innovation, competition, and sustainable use of space
4. Collision risk and other environmental harms are additive
5. ***National regulators are best positioned at the market access stage to ensure safety, equity & sustainability at LEO***
   - Ensuring LEO operators share look angles, orbits and spectrum in an equitable fashion, and operate within reasonable aggregate collision risk profiles
   - Preventing interference into GEOs, by requiring each LEO system to maintain angular separation & adhere to set EPFD limits for single NGSO system
   - Examining competitive and environmental effects of granting market access to a LEO system
   - Working together to ensure shared use of space around the world and respect global environmental limits

Viasat

Checklist for Collision & Debris Risk

- ***Total collision risk is sum for each satellite over system lifetime***
  - ***Scales with key LEO characteristics***
- Consider LEO system characteristics
  - Numbers of satellites
  - Mass & cross-sectional area of satellites
  - Orbits used
  - Ability to avoid collisions as long as satellites stay in orbit
    - Reliability of satellite sub-systems that enable maneuverability
    - Means to coordinate with other satellites
- Consider cumulative effects over system lifetime
  - Numbers of satellites that lose maneuverability/fail
  - Numbers of “close encounters” with other objects
  - Continued growth of orbital debris
  - Introduction of additional LEO systems

Suggested Additional Reading

- Long, G., The Impacts of Large Constellations of Satellites, JASON – The MITRE Corporation, JSR-20-2H, Nov. 2020 (Updated Jan. 21, 2021), https://www.nsf.gov/news/special_reports/jasonreportconstellations/JSR-20-2H_The_Impacts_of_Large_Constellations_of_Satellites_508.pdf
  - Study for US National Science Foundation indicates it may not be feasible to sustain even just one of the LEO systems currently launching and forecasts a dramatic increase in both space collisions and new debris, starting within just a few years. In the longer term, "satellites are destroyed [by collisions with debris] faster than they are launched."
- Sturza. M.A., and Saura Carretero, G., Design Trades for Environmentally Friendly Broadband LEO Satellite Systems (2021), 2021 Advanced Maui Optical and Space Surveillance Technologies Conference (AMOS), https://amostech.com/TechnicalPapers/2021/Poster/Sturza.pdf

  "[Studies] demonstrate the concepts of orbital capacity (the number and type of satellites that can be sustainably deployed in each orbit without risking a Kessler Syndrome) and tipping points (point in time at which it is no longer possible to avoid a Kessler Syndrome by ceasing launches)."

Viasat

Suggested Additional Reading

- Lawrence, A., Losing The Sky (Photon Productions 2020)

  "What we have arrived at - a constellation of thousands of low orbit satellites - is a beautiful and visionary scheme. But it is hard to imagine anything better designed to foul up the night sky. The satellites can be as bright as the stars you can see with your naked eye, and once the scheme is complete, there will be many more satellites than stars. As well polluting the sky for ordinary folk, they will streak across the cameras of professional astronomers, saturating sensitive detectors. The potential for collisions and the piling up of space debris also increases horribly."

Suggested Additional Reading

Ross, M.N. & David, L. “An Underappreciated Danger of the New Space Age: Global Air Pollution,” Scientific American (Feb. 2021)

> Contrary to many media stories about the latest spectacular space junk reentry, orbital debris returning to Earth does not “disappear” or “burn up” on reentry.
>
> Unlike the chemically simple particles from launch, particles from reentering space junk will be a zoo of complex chemical types.
>
> The growing low-Earth orbit mega constellations, with thousands of satellites in each constellation, use reentry vaporization as the satellite end-of-life disposal mechanism. Once these constellations are deployed, hundreds of tons of nonfunctioning satellites will be “brought in” for disposal every year. Most of this mass will become particles in the middle atmosphere. Very little is known about reentry dust production, the microphysics of the particles, and how reentry dust could affect climate and ozone.”

Suggested Additional Reading

Viasat, Managing Mega-Constellation Risks in LEO (updated Jan. 2022), https://www.viasat.com/about/what-we-believe/space-policy/space-debris/

> The key to avoid catastrophe is to reduce collision risk at the outset, by requiring LEO systems to operate within reasonable risk profiles. Each nation that authorizes systems to either occupy LEO or access its domains on, or above, Earth can define and enforce policies to ensure those systems are safe. Better space situational awareness and space traffic management are helpful—but like aviation on Earth, there are limits to the space traffic density that can be safely managed. The core issue is crowding too many objects into valuable regions of space by as few as one or two individual nations or commercial actors
>
> Innovative new systems can deliver better service, ensure space sustainability, and allow all nations to compete and fairly earn their place in the New Space economy. National regulators have the power to ensure the systems they authorize or allow to serve their countries do not pose a threat to their own national interests, or to space safety, and that multiple actors can share the limited LEO orbital resources on an equitable basis.

Обеспечение устойчивого развития пространства

Джон П. Янка

11 мая 2022 г.

Viasat

- Мы открываем новую космическую эру
- Геостационары (GSO):
  - Увеличение емкости спутника в 20–30 раз
    - Более экономичный; ширезона зона покрытия населения; новые услуги
  - Пропускная способность, базируясь на наличии спроса
  - Поддержка мобильных устройств (наземных, морских, воздушных)
- Низкорбитальные подвижные системы (LEO):
  - Заявки в МСЭ на развертывание более 1-Million спутников LEO в следующем десятилетии
  - Новые приложения для дистанционного зондирования земли для науки, обороны, навигации, локации и синхронизации и т. д.
  - Гибридные решения LEO и GEO
  - воздействие на окружающую среду
- Необходимо обеспечить безопасную, устойчивую и адаптацию LEO & GEO
- (Прежде чем LEO заполнит все пространство несколькими системами)
  - Поддержка конкуренции и развитие, в том числе для суверенных систем

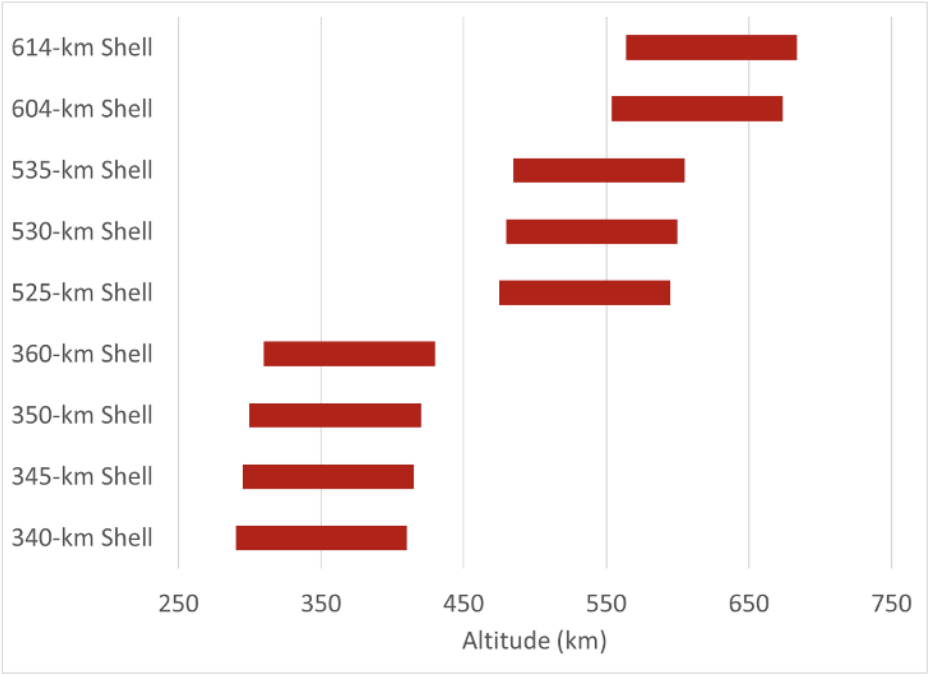
Риски от низкоорбитальных подвижных систем для устойчивого развития космоса

- Чрезмерное потребление общих и ограниченных орбитальных ресурсов
  - ✓ Излишние запросы на орбиты
  - ✓ Загромождение спектра
  - ✓ Помехи, которые ухудшают качества/уменьшают пропускную способность
- Повышение риска столкновения
- Достижение экологических ограничений LEO
  - ✓ Несущая способность
  - ✓ Устойчивая коммерческая, гражданская и военная деятельность
  - ✓ Астрономия (радио- и оптическая) и «темное ночное» небо
  - ✓ Атмосфера Земли и экосистемы животных и растений

Общие и ограниченные ресурсы орбиты:

- ***Должны развивать возможности роста для обоих НГСО И ГСО***

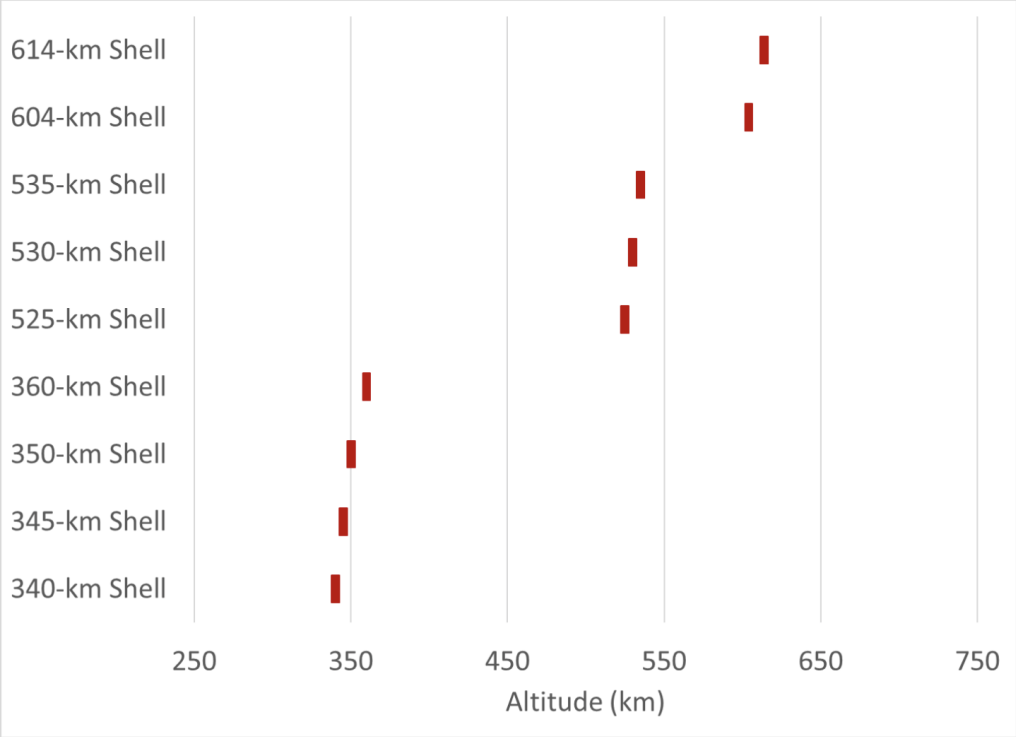
Ограни других ценных видов использования общих орбит



- Одна компания стремится работать на высоте *около**86 % от высоты 300–700 км***
- Другие NGSO не смогут ***безопасно*** получить доступ к этим орбитам без их согласия

Viasat

Требования к устойчивому развитию: Необходимо сделать орбиты доступными для других NGSO



- ***Требование к системам NGSO работать в допустимых пределах к орбитам***
- Многие уже делают это (+/- несколько километров)

Viasat

Ограничения на совместное использования спектра

	Blocking NGSO System	
Other NGSO System	**4,408 Satellites**	**34,396 Satellites**
300 Satellites	28%	100%
1,000 Satellites	5%	99%
3,000 Satellites	2%	99%

Процент времени, в течение которого система NGSO больше блокирует системы меньшего размера

(пользовательский терминал в представительстве в Ташкенте)

- Одна большая система NGSO угрожает ***значительным потерям мощности для всех остальных NGSO***
  - Мега система может использовать другие «углы обзора» для обслуживания

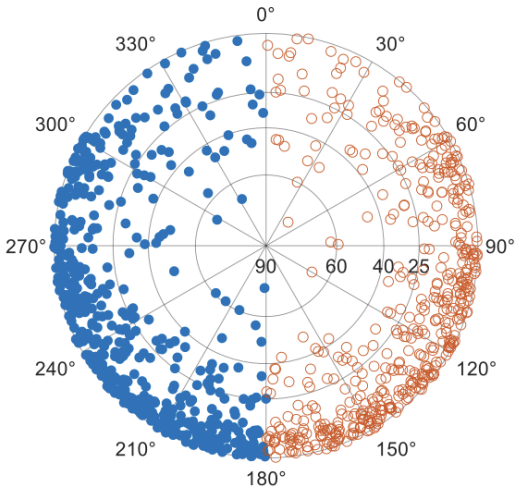
Viasat

Требования к устойчивому развитию: Необходимо обеспечить доступ к спектру для других NGSO

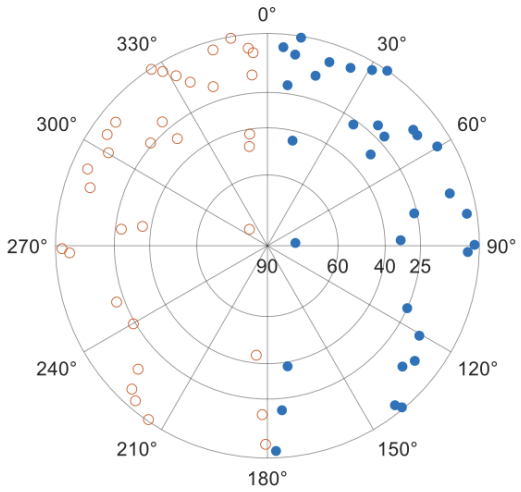
- Разделение «угол зрения» по требованию: *Равномерно разделите* азимуты в местах, где ожидается взаимодействие между системами NGSO
- Один и тот же уровень разделения независимо *от количества спутников в системе NGSO*; равное распределение нагрузки

Пример:

System A earth station can use any satellite to the West



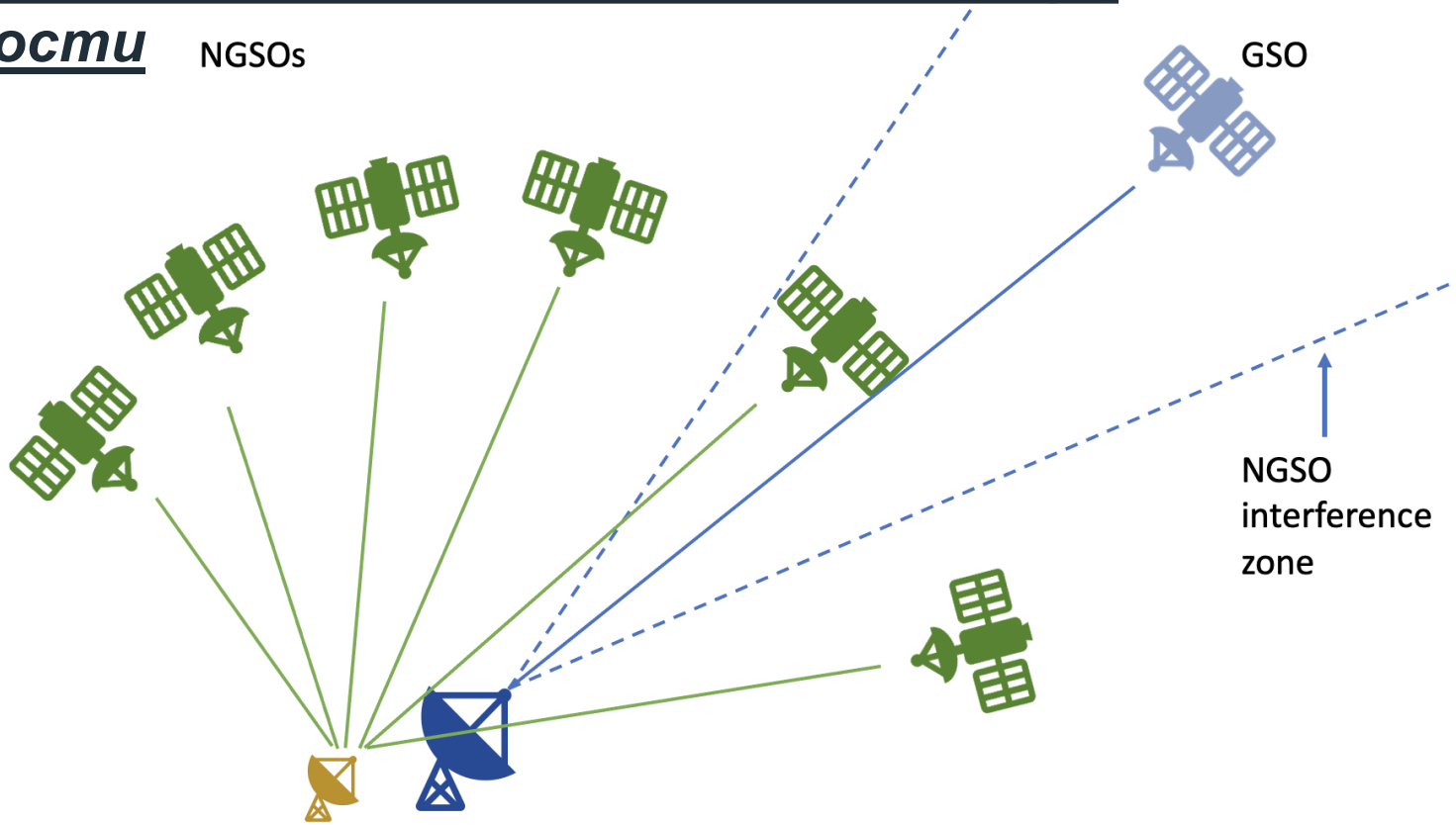
System B earth station can use any satellite to the East



Viasat

Создание помех для Геостационаров

- Некоторые NGSO стремятся передавать данные непосредственно в дугу GSO
- ***Вызывает значительные помехи и потери мощности***

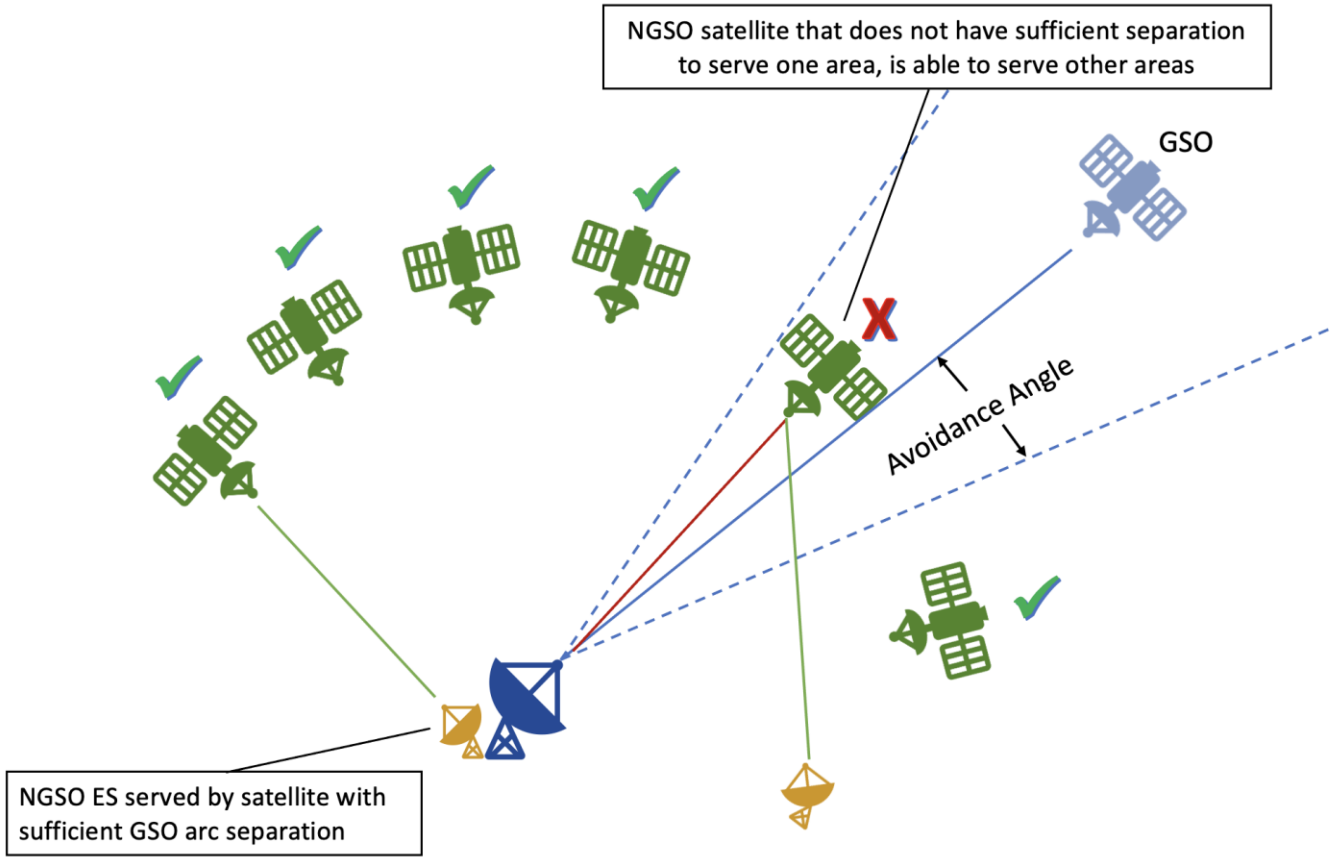


Viasat

Требования для устойчивого развития: Не позволяйте NGSO излучать данные в дугу GSO

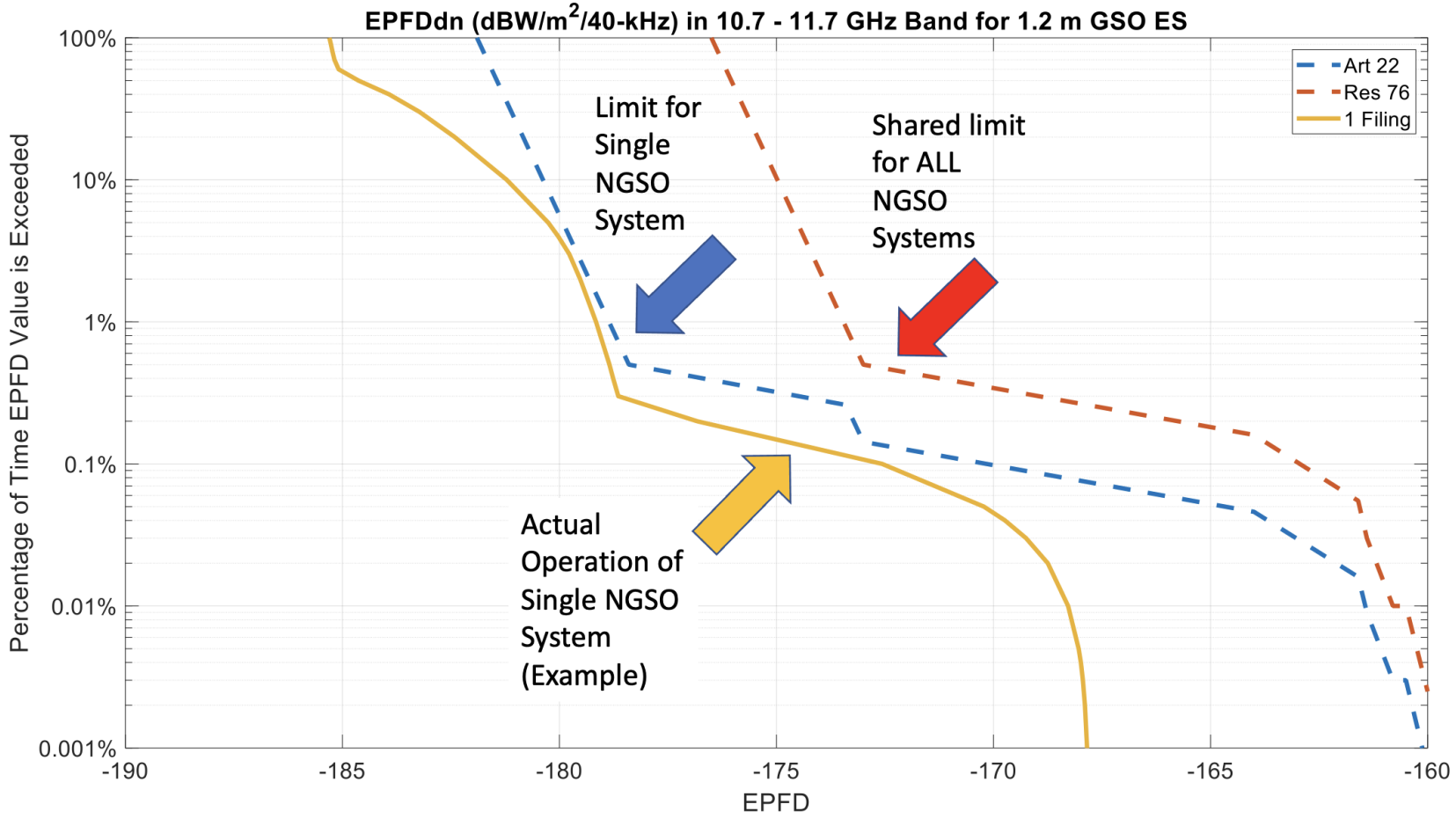
- Поддерживать угол избегания дуги GSO
- ***Применять стандартный протокол совместного использования***

-



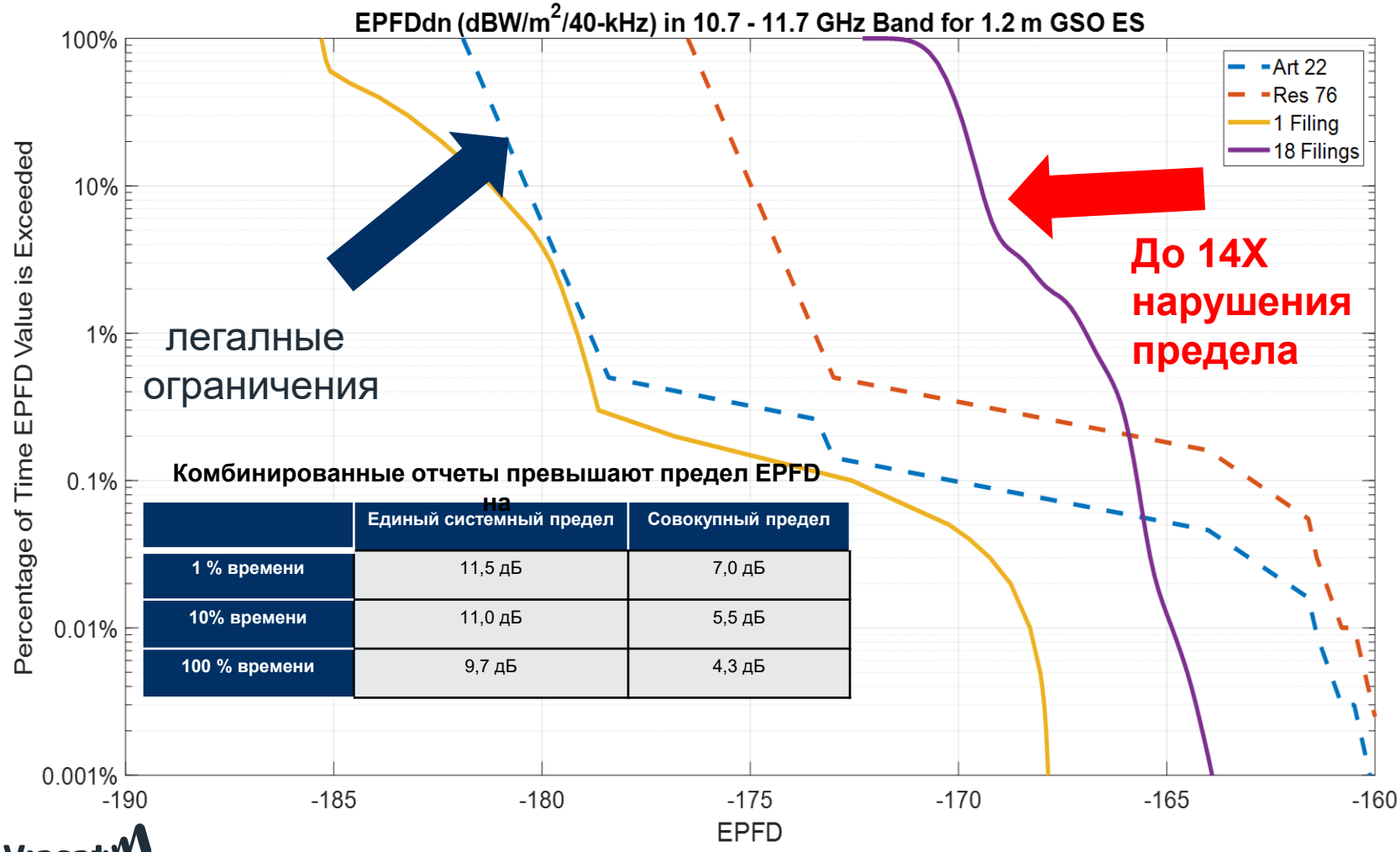
Viasat

Правила МСЭ ограничивают помехи в GSO



Эксплуатация единой системы NGSO в рамках нескольких ITU - заявок

нарушает допустимые ограничения



Комбинированные отчеты превышают предел EPFD на

	Единый системный предел	Совокупный предел
1 % времени	11,5 дБ	7,0 дБ
10% времени	11,0 дБ	5,5 дБ
100 % времени	9,7 дБ	4,3 дБ

Viasat

Требования к устойчивому развитию: Системы NGSO должны соответствовать правилам

Каждая система NGSO должна соблюдать пределы помех для *Едимной Системы NGSO*

Viasat

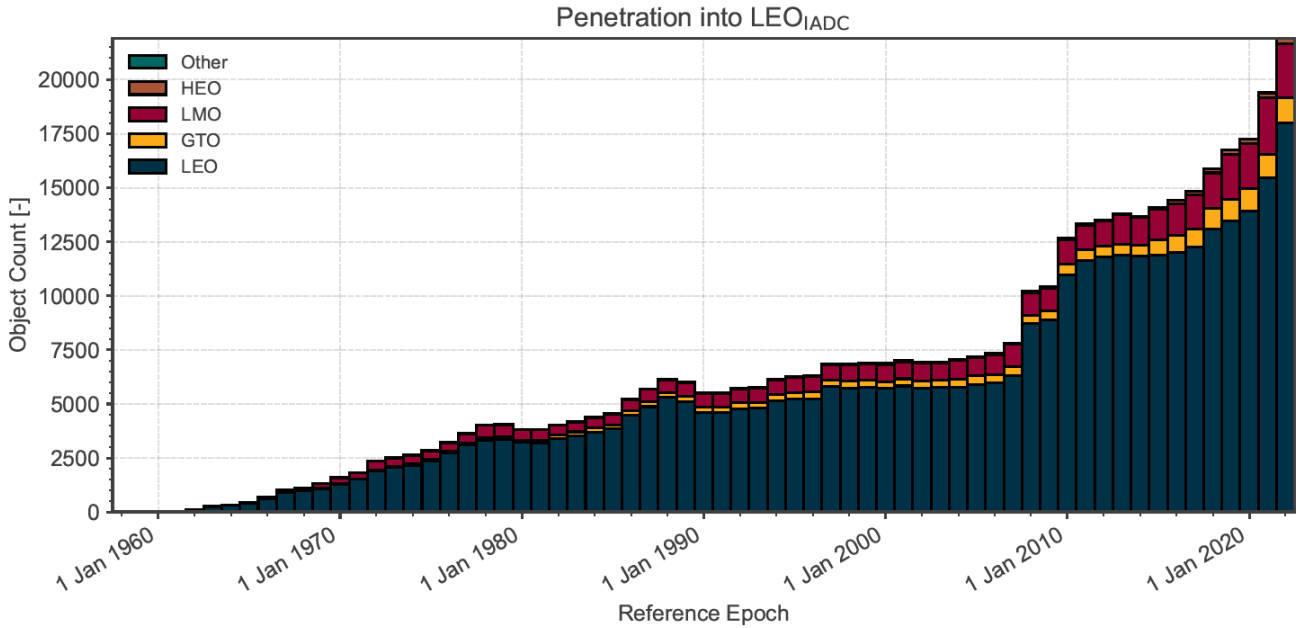
Выводы по безопасности в космосе:

- ***Отдельные небольшие риски накапливаются***
- ***Каждый спутник NGSO вносит свой вклад в <u>совокупный риск столкновений систем</u>***

Viasat

LEO становится более рискованными

ESA's Space Environment Report 2022



(a) Evolution of absolute number of objects.

Увеличение трафика, заторов и создание «длительных» космических обломков

Viasat

И это затрагивает ВСЕХ, кто использует пространство

CNN BUSINESS

Space is becoming too crowded, Rocket Lab CEO warns

By Jackie Wattles, CNN Business

Updated 1406 GMT (2206 HKT) October 8, 2020

Генеральный директор Rocket Lab Питер Бек сказал, что огромное количество объектов в космосе прямо сейчас — это число, которое быстро растет, отчасти благодаря спутниковому интернет-созвездию SpaceX, Starlink, — затрудняет поиск четкого пути для ракет для запуска новых спутников.

Бек... сказал, что он расстроен тем, что большая часть разговора о космических джунсах связана с риском столкновений на орбите, и не так много разговоров о том, как космический трафик уже влияет на запуск бизнеса.

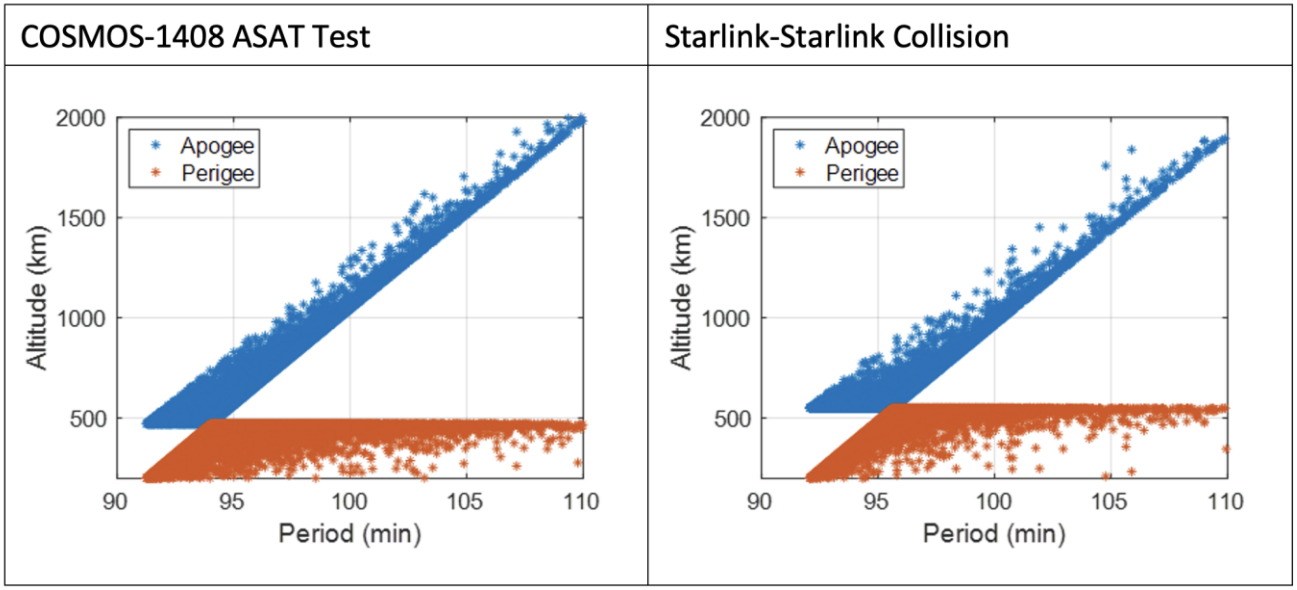
Мусор в LEO опасен

Размер объекта мусора	Число на орбите	Влияние столкновения на активный спутник
> 10 см	> 30 000	Катастрофический
от 1 см до 10 см	Запад > 1 000 000	Может быть катастрофическим или привести в нерабочее состояние
от 1 мм до 1 см	Пример > 330 миллионов	Может сделать его неработоспособным

Viasat

Спутниковые столкновения распространили опасный мусор на сотни километров

- ***Столкновения могут отключить и***



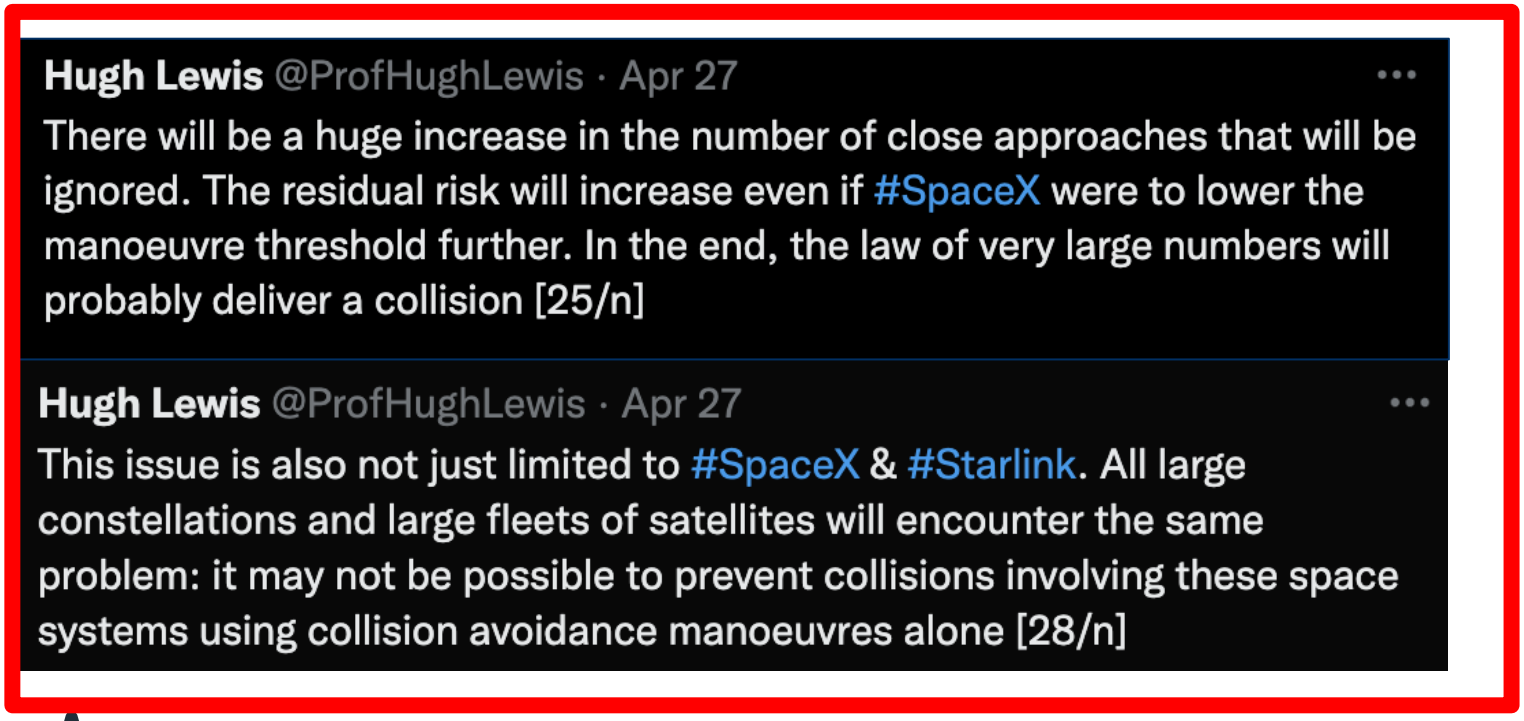
Modeled LNT Fragments from COSMOS-1408 ASAT Test (77,706 LNT fragments) and Starlink-Starlink Collision (26,968 LNT fragments) (based on 260 kg v.1 Starlink design)

- ***Не может избежать того, что вы не видите***
  - Смертельный неотслеживаемый мусор (LNT) (размер 1–10 см) невозможно отследить или избежать

Viasat

Невозможно избежать всех коллизий в LEO

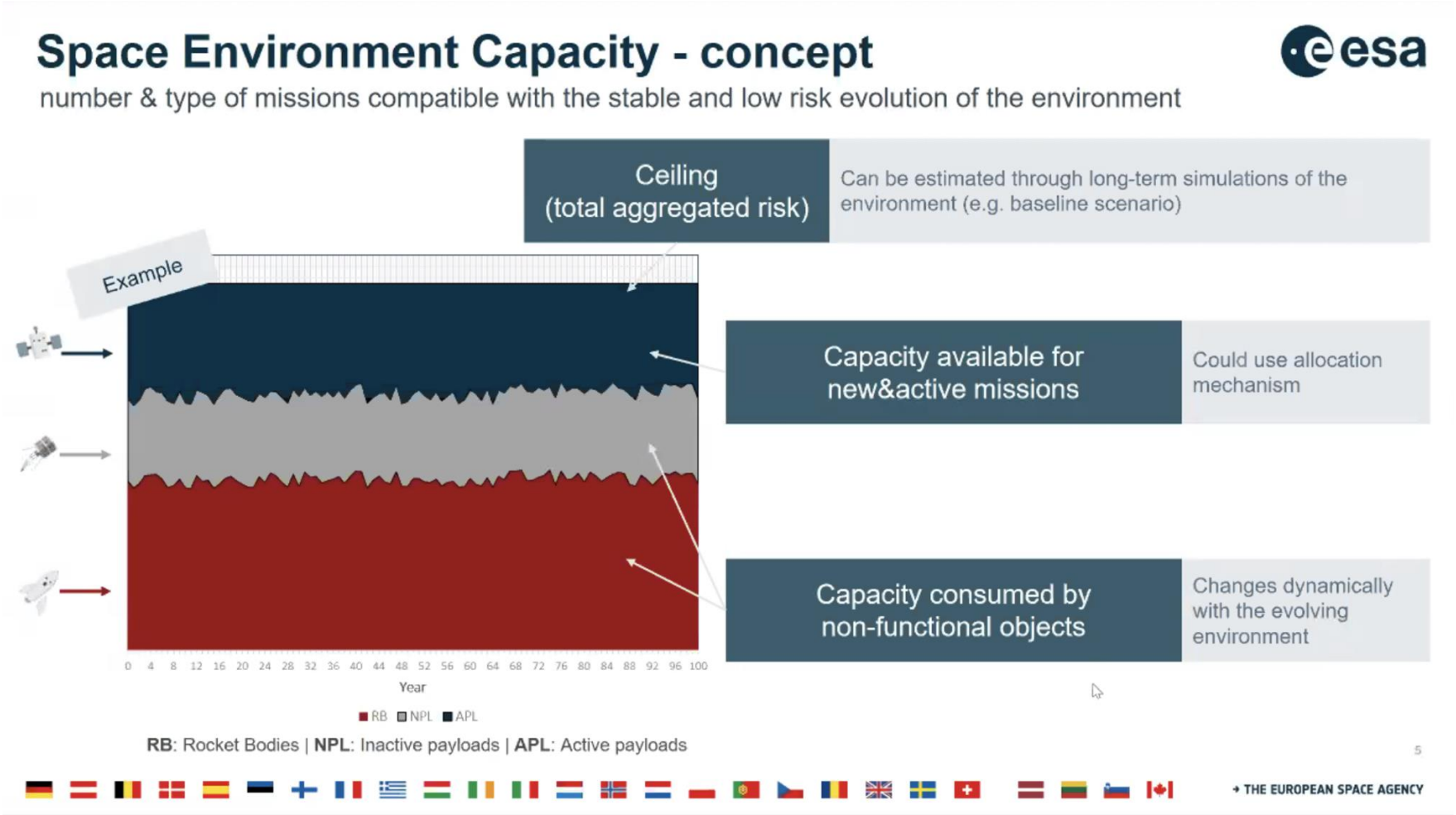
- Огромное увеличение «ближних подходов» в LEO
- Спутники, которые не могут маневрировать (неудача), не могут избежать столкновений
- Даже маневренные спутники не избавят вас от столкновений



Выводы по экологической устойчивости:

- ***Пределы «вместимости» существуют в LEO***
- ***Необходимо оптимизировать то, что развернуто для работы в этих пределах***

Ограничения устойчивого развития для заполнения LEO



Ограничения устойчивого развития для заполнения LEO

The case for space environmentalism

Andy Lawrence[1]✉, Meredith L. Rawls[2], Moriba Jah[3,4], Aaron Boley[5], Federico Di Vruno[6], Simon Garrington[7], Michael Kramer[8,9], Samantha Lawler[10], James Lowenthal[11], Jonathan McDowell[12] and Mark McCaughrean[13]

- «[G]растущая коммерческая эксплуатация того, что может показаться «бесплатным» ре на самом деле, извлечение истинных затрат».
- Необходимо понимать затраты, которые системы LEO налагают на:
  - Астрономия (радио- и оптическая) и темное ночное небо
  - Атмосфера Земли, экосистемы животных и растений
  - Космическая среда, поддерживающая коммерческую, гражданскую и военную де
- «Когда мы запускаем десятки спутников каждые несколько недель, мы снимаем возможность информировать нас о непреднамеренных последствиях наших действий, и мы не можем предсказать фактическое состояние динамического равновесия».

Устойчивое развитие: Пришло время действовать

- «Теперь мы находимся на перекрестке: если мы не найдем способов управления космическим движением, наши прошлые и текущие космические мероприятия поставят под угрозу безопасность, безопасность и устойчивость космического пространства и, как следствие, нашу будущую способность полагаться на пространство как на источник ключевых услуг в интересах человечества».

  Европейская комиссия, совместное сообщение Европейскому парламенту и Совету: Подход ЕС к управлению космическим движением; вклад ЕС в решение глобальной проблемы (JOIN(2022) 4 final)

- Только в первом Q1 2022 года было запущено 624 спутника
- Для 30 000 спутников Starlink Gen 2 потребуется частота запуска ~100 спутников каждые 6 дней в течение всего срока службы системы (~6000 в год)

Viasat

Устойчивое развитие: Решения в наличии

- ***Мы можем обеспечить как надежное использование LEO, так и устойчивое использование для всех***
  - Дистанционное измерение/наблюдение за землей
  - Наука
  - Оборона/безопасность
  - Положение, навигация и время
  - Коммуникации
- ***Одно решение — малые и более мощные спутники***
  - Снижение риска столкновений, снижение воздействия на окружающую среду
  - Стурза, М.А., Саура Карретеро, Г., Последствия спутниковых столкновений LEO — The Fragments (2021), 11-я конференция IAASS — Управление рисками в космосе, https://www.viasat.com/space-innovation/space-policy/space-debris/

Национальное лицензирование — единственный реалистичный способ борьбы с отрицательными последствиями

- Страны, заполняющие LEO, не заботятся о других
  - Конкуренция
  - Доступ к спектру и орбите
  - Окружающая среда
- Французское решение признает важность *тщательного рассмотрения национальных рисков на этапе выхода на рынок*:

  «[решение ARCEP] представляет собой даже одно из редких решений, если не единственное, принимаемое Францией, которое обусловливает предоставление услуг Starlink на нашей территории».

  Французский суд (Le Conseil d'État) о признании недействительным выхода на рынок Starlink, выводы докладчика, дело No 455321

Viasat

Выводы

1. Активность LEO растет экспоненциально с неадекватной регуляцией

2. Некоторые игроки LEO пытаются захватить все ресурсы LEO и соревнования по борьбе с хобби

3. Необходимо развивать пространство для инноваций, конкуренции и устойчивого использования пространства

4. Риск столкновения и другие виды вреда окружающей среде являются аддитивными

5. ***Национальные регуляторы лучше всего расположены на этапе выхода на рынок, чтобы обеспечить безопасность, справедливость и устойчивое развитие в LEO***

- Обеспечение того, чтобы операторы LEO имели равные углы зрения, орбиты и спектр, и работали в рамках разумного совокупного профиля риска столкновения
- Предотвращение помех в GEO, требуя от каждой системы LEO поддержания углового разделения и соблюдения установленных пределов EPFD для единой системы NGSO
- Изучение конкурентных и экологических эффектов предоставления доступа к системе LEO на рынке
- Совместная работа для обеспечения совместного использования пространства по всему миру и соблюдения глобальных экологических ограничений

Контрольный список для риска столкновения и мусора

- ***Общий риск столкновения является суммой для каждого спутника в течение срока службы системы***
  - ***Шкалы с ключевыми характеристиками LEO***
- Учитывайте характеристики системы LEO
  - Количество спутников
  - Масса и площадь поперечного сечения спутников
  - Используемые орбиты
  - Способность избегать столкновений при условии, что спутники остаются на орбите
    - Надежность спутниковых подсистем, обеспечивающих маневренность
    - Означает координацию с другими спутниками
- Рассмотрите совокупные эффекты в течение срока службы системы
  - Количество спутников, которые теряют маневренность/неудача
  - Количество «тесных встреч» с другими объектами
  - Непрерывный рост орбитального мусора
  - Введение дополнительных систем LEO

Viasat

Рекомендуемые дополнительное источники

- Лонг Г., Влияние больших созвездий спутников, JASON – The MITRE Corporation, JSR-20-2H, ноябрь 2020 г. (обновлено 21 января 2021 г.), https://www.nsf.gov/news/special_reports/jasonreportconstellations/JSR-20-2H_The_Impacts_of_Large_Constellations_of_Satellites_508.pdf
  - Исследование Национального научного фонда США показывает , что, возможно, нецелесообразно поддерживать даже одну из систем LEO, запускаемых в настоящее время, и прогнозирует значительное увеличение как космических столкновений, так и новых обломков, начиная всего с нескольких лет. В долгосрочной перспективе «спутники уничтожаются [в результате столкновений с мусором] быстрее, чем они запускаются».
- Стурза. M.A. и Saura Carretero, G., Design Trades for Environmentally Broadband LEO Satellite Systems (2021), 2021 Advanced Maui Optical and Space Surveillance Technologies Conference (AMOS), https://amostech.com/TechnicalPapers/2021/Poster/Sturza.pdf

  «[Исследования] демонстрируют концепции орбитальной емкости (число и тип спутников, которые могут быть устойчиво развернуты на каждой орбите без риска развития синдрома Кесслера) и переломных моментов (в тот момент времени, когда больше невозможно избежать развития синдрома Кесслера путем прекращения запуска)».

Рекомендуемые дополнительное источники

- Лоренс, А., «Потеря неба» (Photon Productions 2020)

  «То, к чему мы пришли — созвездие тысяч низкоорбитальных спутников — это прекрасная и дальновидная схема. Но трудно представить что-то лучшее, чтобы загрязнить ночное небо. Спутники могут быть такими же яркими, как и звезды, которые вы видите невооруженным глазом, и после завершения схемы будет гораздо больше спутников, чем звезд. Помимо загрязнения неба обычными людьми, они будут черпать штрихи по камерам профессиональных астрономов, насыщая чувствительные детекторы. Вероятность столкновений и скапливания космического мусора также увеличивается ужасно».

Рекомендуемые дополнительное источники

Росс М.Н. и Дэвид Л. «Недооцененная опасность нового космического века: Глобальное загрязнение воздуха», Scientific American (февраль 2021 г.)

> Вопреки многим историям СМИ о последнем захватывающем возвращении космоса, орбитальный мусор, возвращающийся на Землю, не «исчезает» и не «выгорает» при возвращении.
>
> В отличие от химически простых частиц, появившихся при запуске, частицы, образовавшиеся при повторном входе в пространство, будут представлять собой зоопарк сложных химических типов.
>
> Растущие низкоземельные орбитальные мегазвезды, в каждой из которых находятся тысячи спутников, используют испарение в качестве механизма утилизации в конце срока службы спутника. После развертывания этих созвездий каждый год будут «вставляться» в отходы сотни тонн нефункционирующих спутников. Большая часть этой массы станет частицами в средней атмосфере. Очень мало известно о выработке пыли при повторном входе, микрофизике частиц и о том, как пыль при повторном входе может повлиять на климат и озон».

Рекомендуемые дополнительное источники

Viasat, Управление рисками «Мега-Созвездия» в LEO (обновлено в январе 2022 г.), https://www.viasat.com/about/what-we-believe/space-policy/space-debris/

Ключом к предотвращению катастрофы является снижение риска столкновения с самого начала, требуя от систем LEO работать с разумными профилями риска. Каждая страна, которая разрешает системам либо занимать LEO, либо получать доступ к своим доменам на Земле или выше, может определять и применять политики для обеспечения безопасности этих систем. Полезно повысить ситуационную осведомленность о космосе и управлять космическим движением, но, как и авиация на Земле, существуют ограничения по плотности космического движения, которые можно безопасно контролировать. Основной проблемой является переполнение слишком большого количества объектов в ценные области пространства всего лишь одной или двумя отдельными странами или коммерческими игроками

Инновационные системы могут обеспечить лучшее обслуживание, устойчивое развитие пространства и позволить всем странам конкурировать и справедливо занимать свое место в экономике нового пространства. Национальные регулирующие органы имеют право гарантировать, что системы, которые они разрешают или разрешают обслуживать свои страны, не представляют угрозы их собственным национальным интересам или космической безопасности, и что несколько участников могут разделять ограниченные орбитальные ресурсы LEO на справедливой основе.

Обеспечение устойчивого развития пространства

Джон П. Янка

11 мая 2022 г.

Viasat

- Мы открываем новую космическую эру
- Геостационары (GSO):
  - Увеличение емкости спутника в 20–30 раз
    - Более экономичный; ширезона зона покрытия населения; новые услуги
  - Пропускная способность, базируясь на наличии спроса
  - Поддержка мобильных устройств (наземных, морских, воздушных)
- Низкорбитальные подвижные системы (LEO):
  - Заявки в МСЭ на развертывание более 1-Million спутников LEO в следующем десятилетии
  - Новые приложения для дистанционного зондирования земли для науки, обороны, навигации, локации и синхронизации и т. д.
  - Гибридные решения LEO и GEO
  - воздействие на окружающую среду
- Необходимо обеспечить безопасную, устойчивую и адаптацию LEO & GEO
- (Прежде чем LEO заполнит все пространство несколькими системами)
  - Поддержка конкуренции и развитие, в том числе для суверенных систем

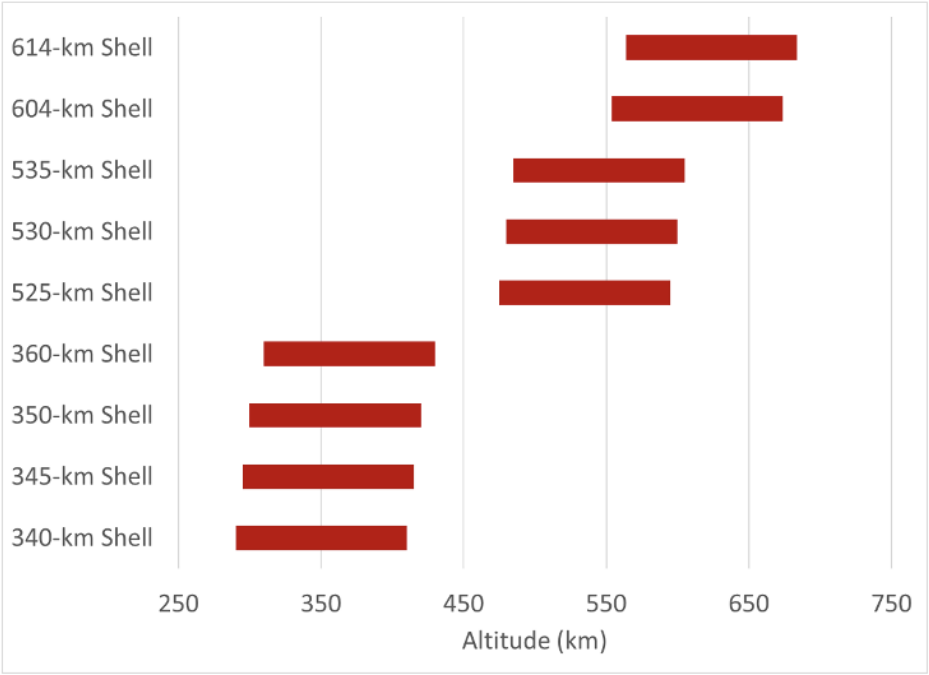
Риски от низкоорбитальных подвижных систем для устойчивого развития космоса

- Чрезмерное потребление общих и ограниченных орбитальных ресурсов
  - ✓ Излишние запросы на орбиты
  - ✓ Загромождение спектра
  - ✓ Помехи, которые ухудшают качества/уменьшают пропускную способность
- Повышение риска столкновения
- Достижение экологических ограничений LEO
  - ✓ Несущая способность
  - ✓ Устойчивая коммерческая, гражданская и военная деятельность
  - ✓ Астрономия (радио- и оптическая) и «темное ночное» небо
  - ✓ Атмосфера Земли и экосистемы животных и растений

Общие и ограниченные ресурсы орбиты:

- ***Должны развивать возможности роста для обоих НГСО И ГСО***

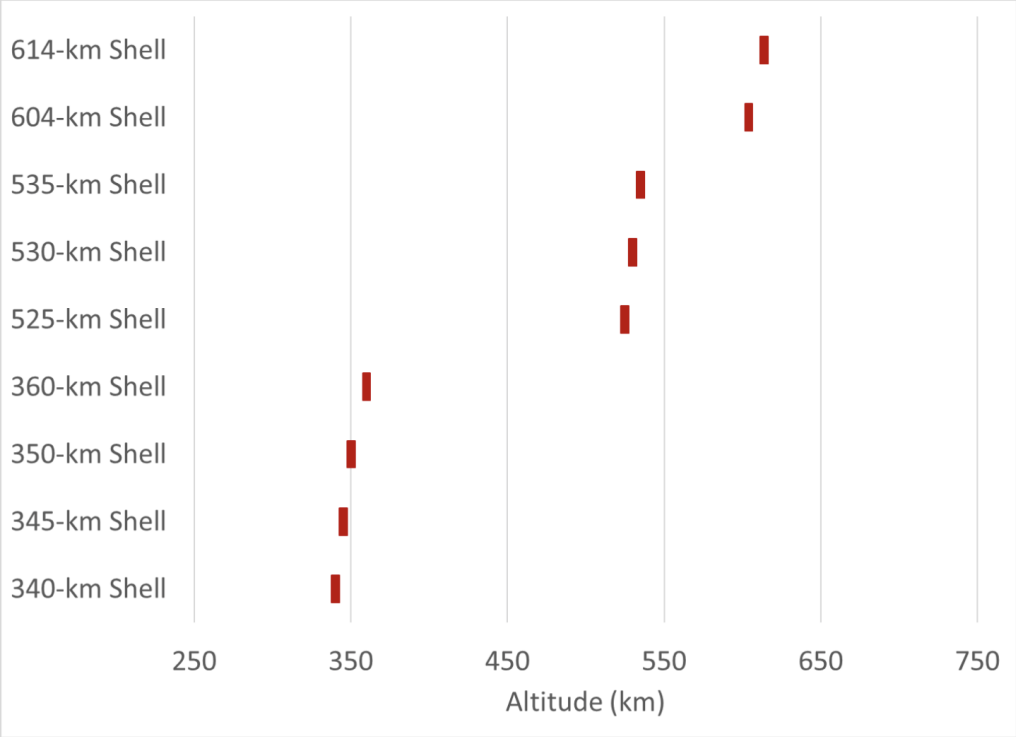
Ограни других ценных видов использования общих орбит



- Одна компания стремится работать на высоте *около**86 % от высоты 300–700 км***
- Другие NGSO не смогут ***безопасно*** получить доступ к этим орбитам без их согласия

Viasat

Требования к устойчивому развитию: Необходимо сделать орбиты доступными для других NGSO



- ***Требование к системам NGSO работать в допустимых пределах к орбитам***
- Многие уже делают это (+/- несколько километров)

Viasat

Ограничения на совместное использования спектра

	Blocking NGSO System	
Other NGSO System	**4,408 Satellites**	**34,396 Satellites**
300 Satellites	28%	100%
1,000 Satellites	5%	99%
3,000 Satellites	2%	99%

Процент времени, в течение которого система NGSO больше блокирует системы меньшего размера

(пользовательский терминал в представительстве в Ташкенте)

- Одна большая система NGSO угрожает ***значительным потерям мощности для всех остальных NGSO***
  - Мега система может использовать другие «углы обзора» для обслуживания

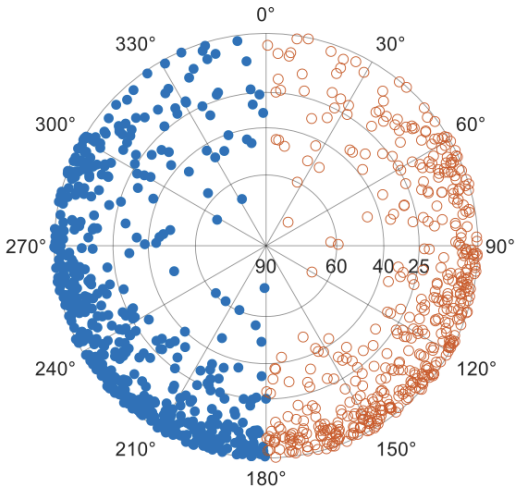
Viasat

Требования к устойчивому развитию: Необходимо обеспечить доступ к спектру для других NGSO

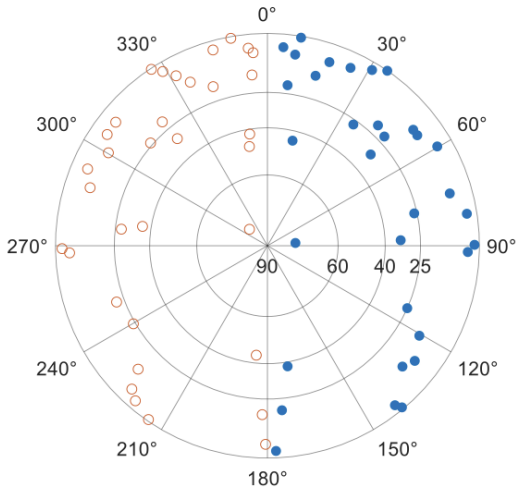
- Разделение «угол зрения» по требованию: *Равномерно разделите* азимуты в местах, где ожидается взаимодействие между системами NGSO
- Один и тот же уровень разделения независимо *от количества спутников в системе NGSO*; равное распределение нагрузки

Пример:

System A earth station can use any satellite to the West



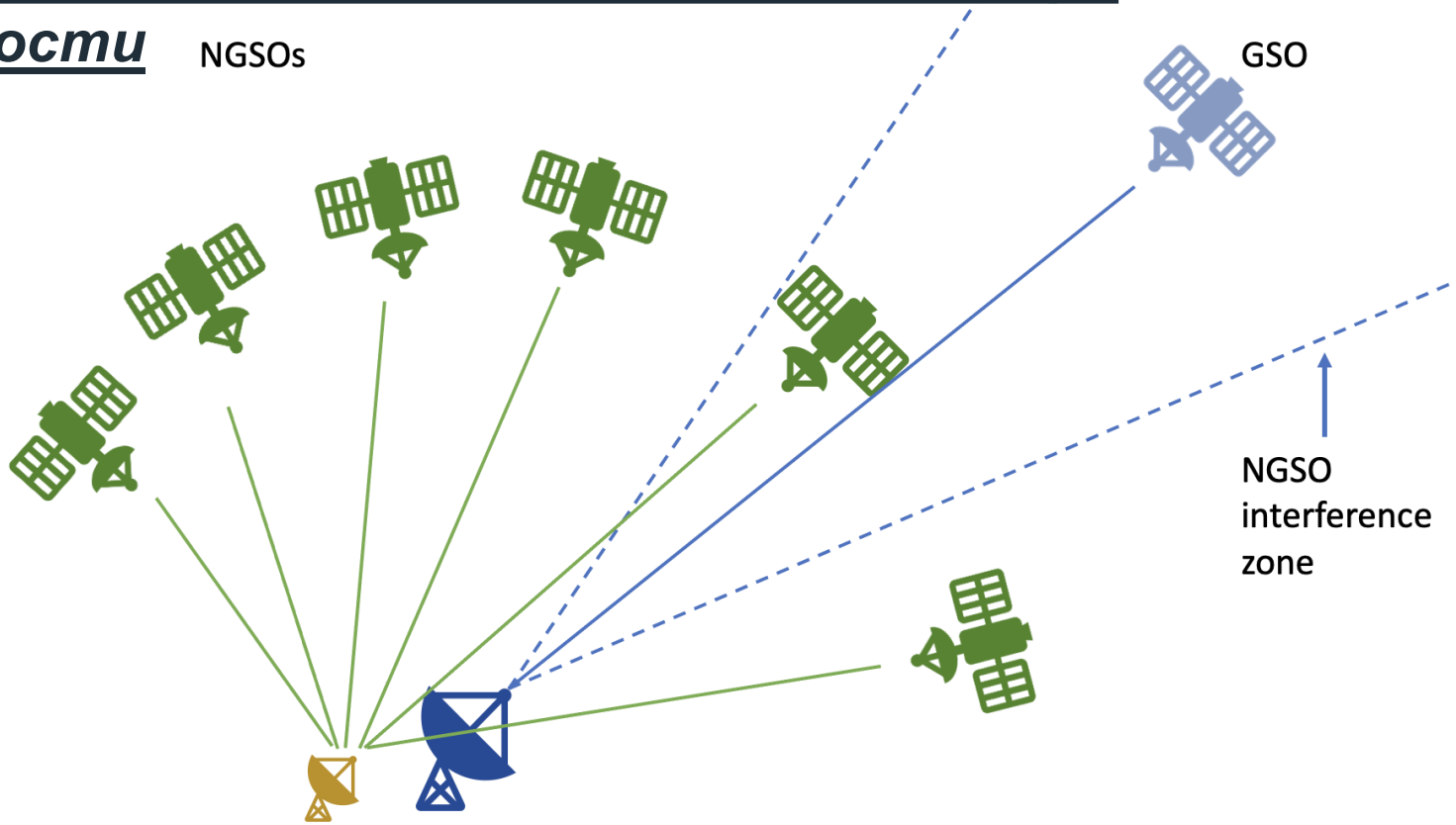
System B earth station can use any satellite to the East



Viasat

Создание помех для Геостационаров

- Некоторые NGSO стремятся передавать данные непосредственно в дугу GSO
- ***Вызывает значительные помехи и потери мощности***

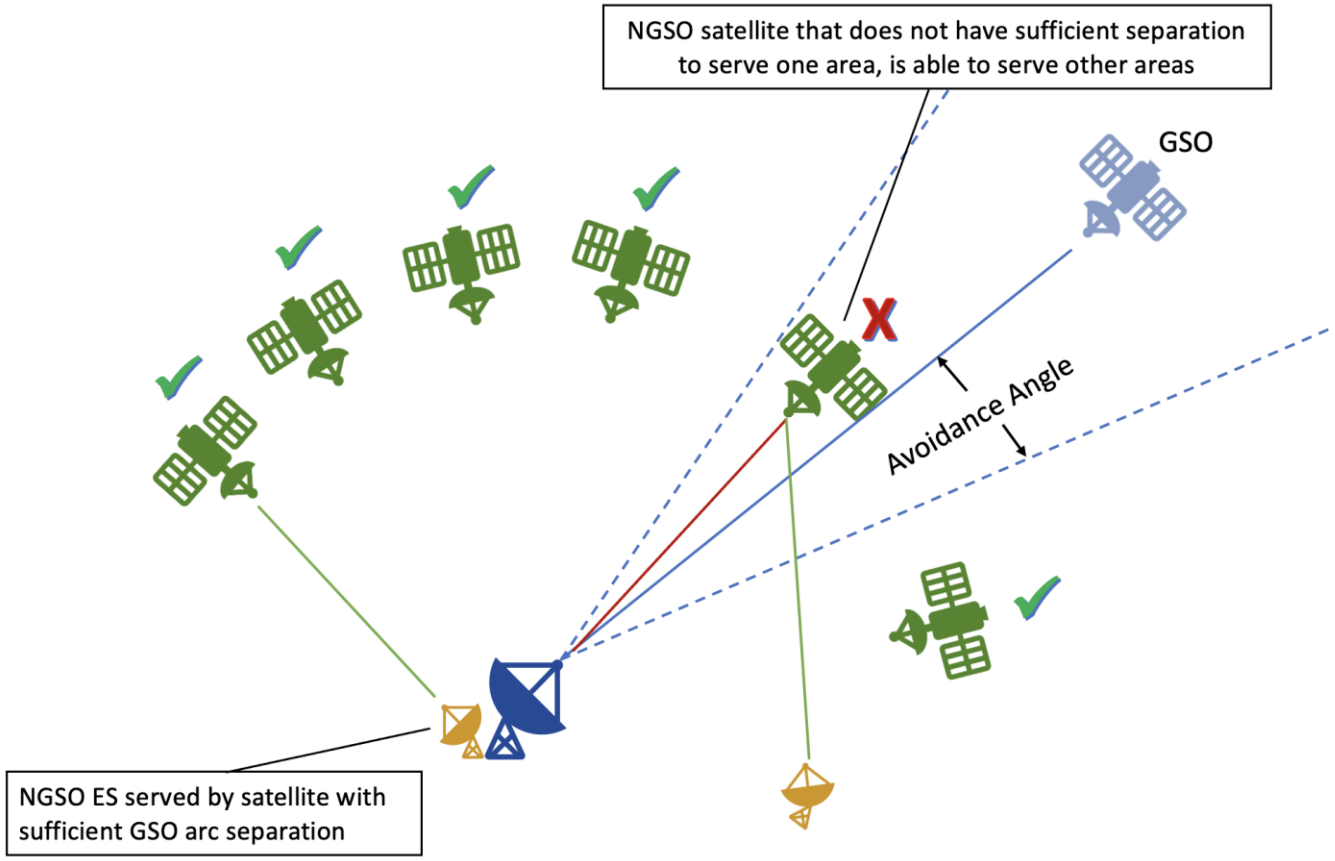


Viasat

Требования для устойчивого развития: Не позволяйте NGSO излучать данные в дугу GSO

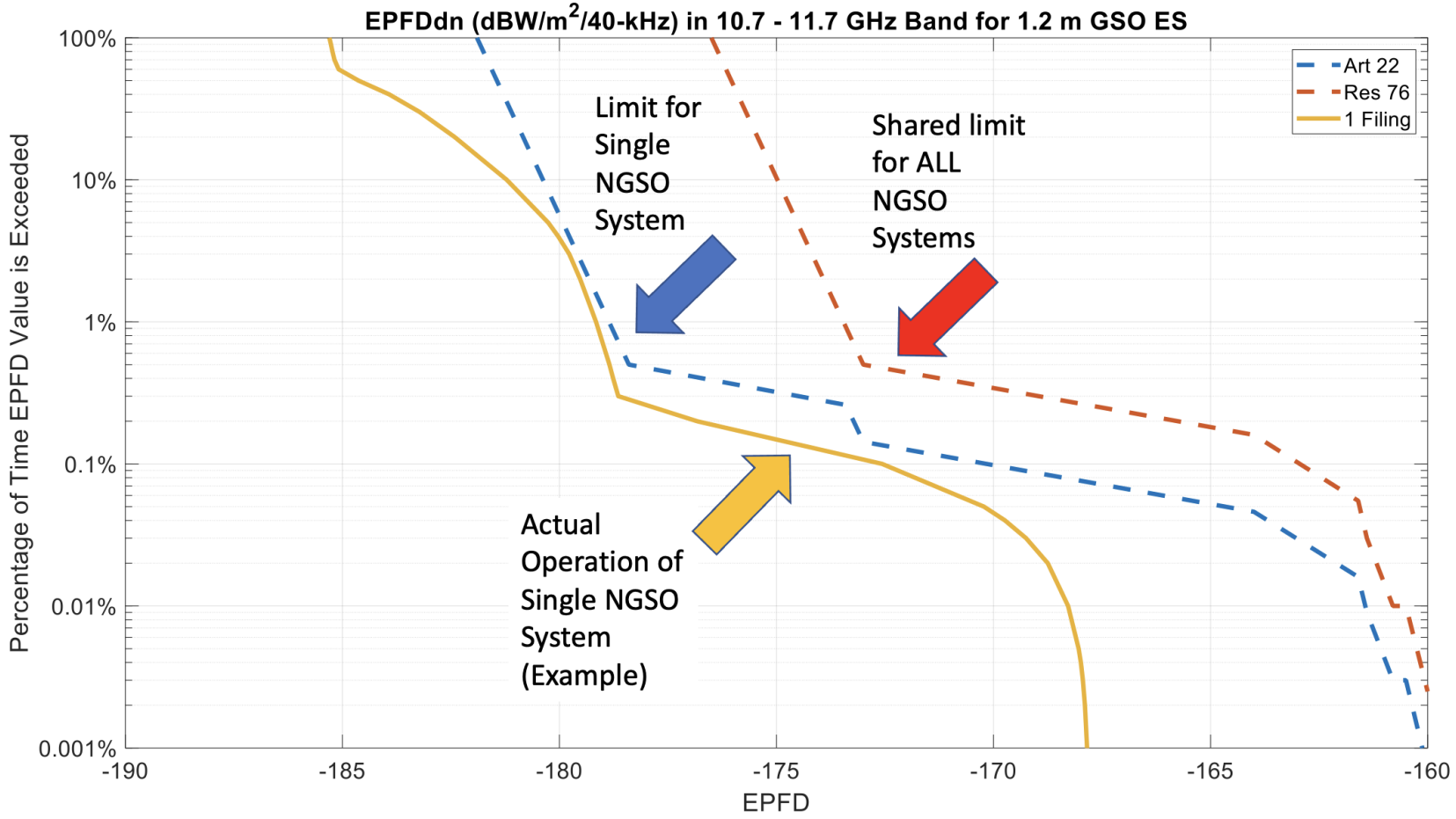
- Поддерживать угол избегания дуги GSO
- ***Применять стандартный протокол совместного использования***

-



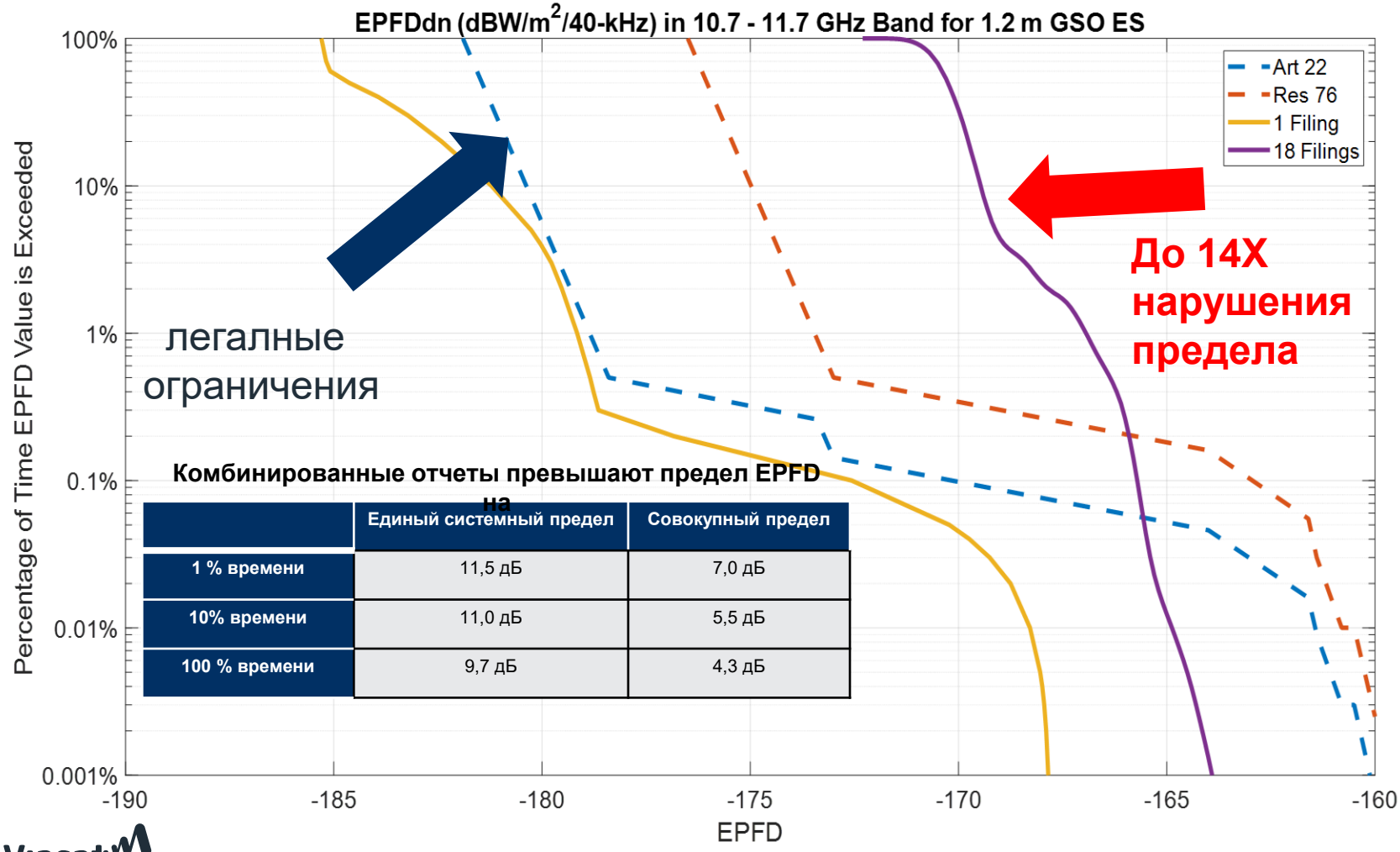
Viasat

Правила МСЭ ограничивают помехи в GSO



Эксплуатация единой системы NGSO в рамках нескольких ITU - заявок

нарушает допустимые ограничения



Комбинированные отчеты превышают предел EPFD на

	Единый системный предел	Совокупный предел
1 % времени	11,5 дБ	7,0 дБ
10% времени	11,0 дБ	5,5 дБ
100 % времени	9,7 дБ	4,3 дБ

Viasat

Требования к устойчивому развитию: Системы NGSO должны соответствовать правилам

Каждая система NGSO должна соблюдать пределы помех для *Едимной Системы NGSO*

Viasat

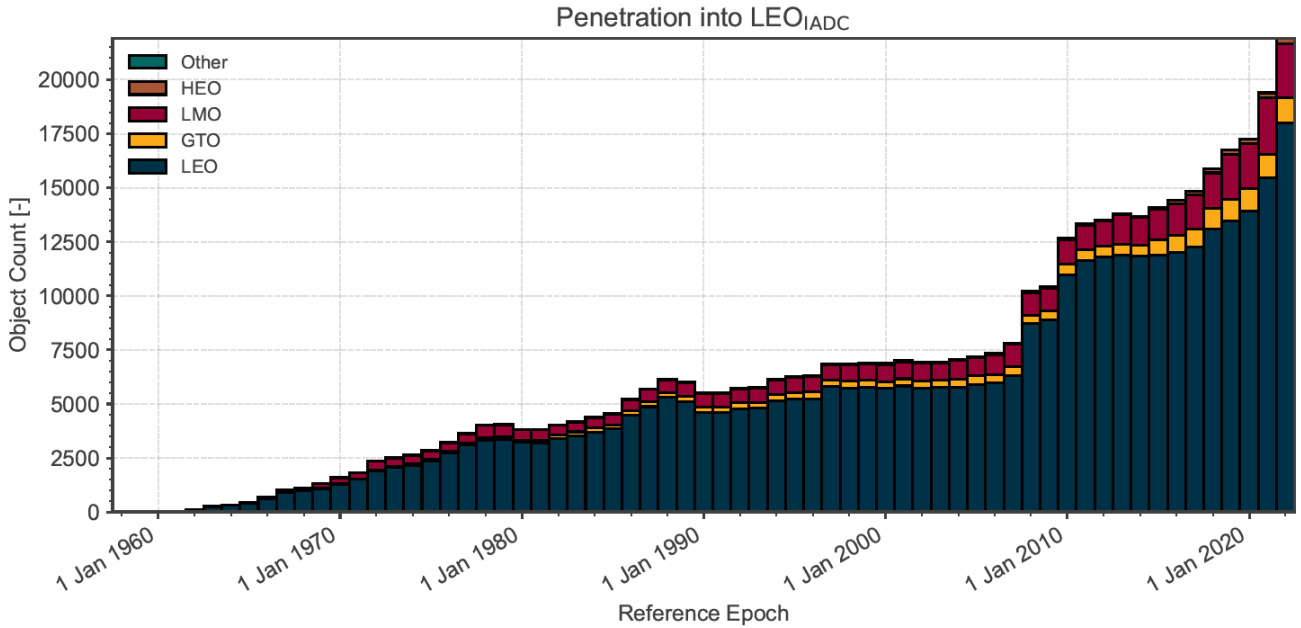
Выводы по безопасности в космосе:

- ***Отдельные небольшие риски накапливаются***
- ***Каждый спутник NGSO вносит свой вклад в <u>совокупный риск столкновений систем</u>***

Viasat

LEO становится более рискованными

ESA's Space Environment Report 2022



(a) Evolution of absolute number of objects.

Увеличение трафика, заторов и создание «длительных» космических обломков

Viasat

И это затрагивает ВСЕХ, кто использует пространство

CNN BUSINESS

Space is becoming too crowded, Rocket Lab CEO warns

By Jackie Wattles, CNN Business

Updated 1406 GMT (2206 HKT) October 8, 2020

Генеральный директор Rocket Lab Питер Бек сказал, что огромное количество объектов в космосе прямо сейчас — это число, которое быстро растет, отчасти благодаря спутниковому интернет-созвездию SpaceX, Starlink, — затрудняет поиск четкого пути для ракет для запуска новых спутников.

Бек... сказал, что он расстроен тем, что большая часть разговора о космических джунсах связана с риском столкновений на орбите, и не так много разговоров о том, как космический трафик уже влияет на запуск бизнеса.

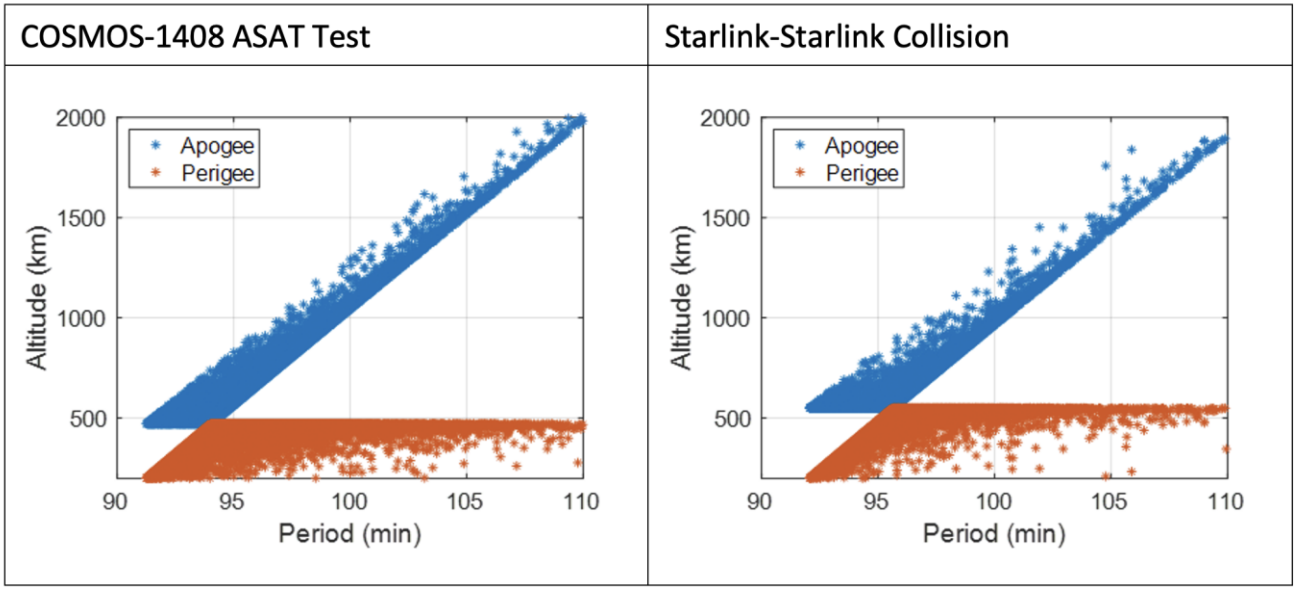
Мусор в LEO опасен

Размер объекта мусора	Число на орбите	Влияние столкновения на активный спутник
> 10 см	> 30 000	Катастрофический
от 1 см до 10 см	Запад > 1 000 000	Может быть катастрофическим или привести в нерабочее состояние
от 1 мм до 1 см	Пример > 330 миллионов	Может сделать его неработоспособным

Viasat

Спутниковые столкновения распространили опасный мусор на сотни километров

- ***Столкновения могут отключить и***



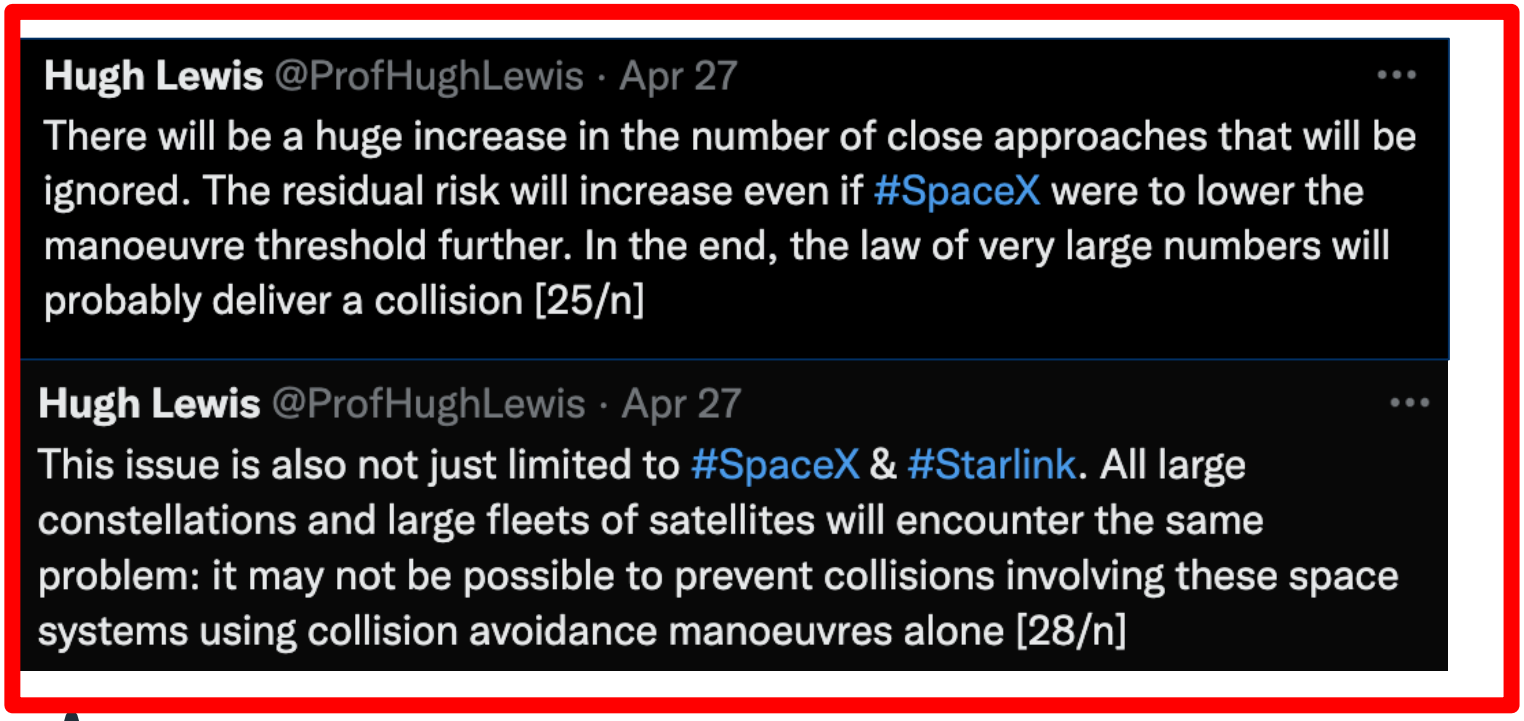
Modeled LNT Fragments from COSMOS-1408 ASAT Test (77,706 LNT fragments) and Starlink-Starlink Collision (26,968 LNT fragments) (based on 260 kg v.1 Starlink design)

- ***Не может избежать того, что вы не видите***
  - Смертельный неотслеживаемый мусор (LNT) (размер 1–10 см) невозможно отследить или избежать

Viasat

Невозможно избежать всех коллизий в LEO

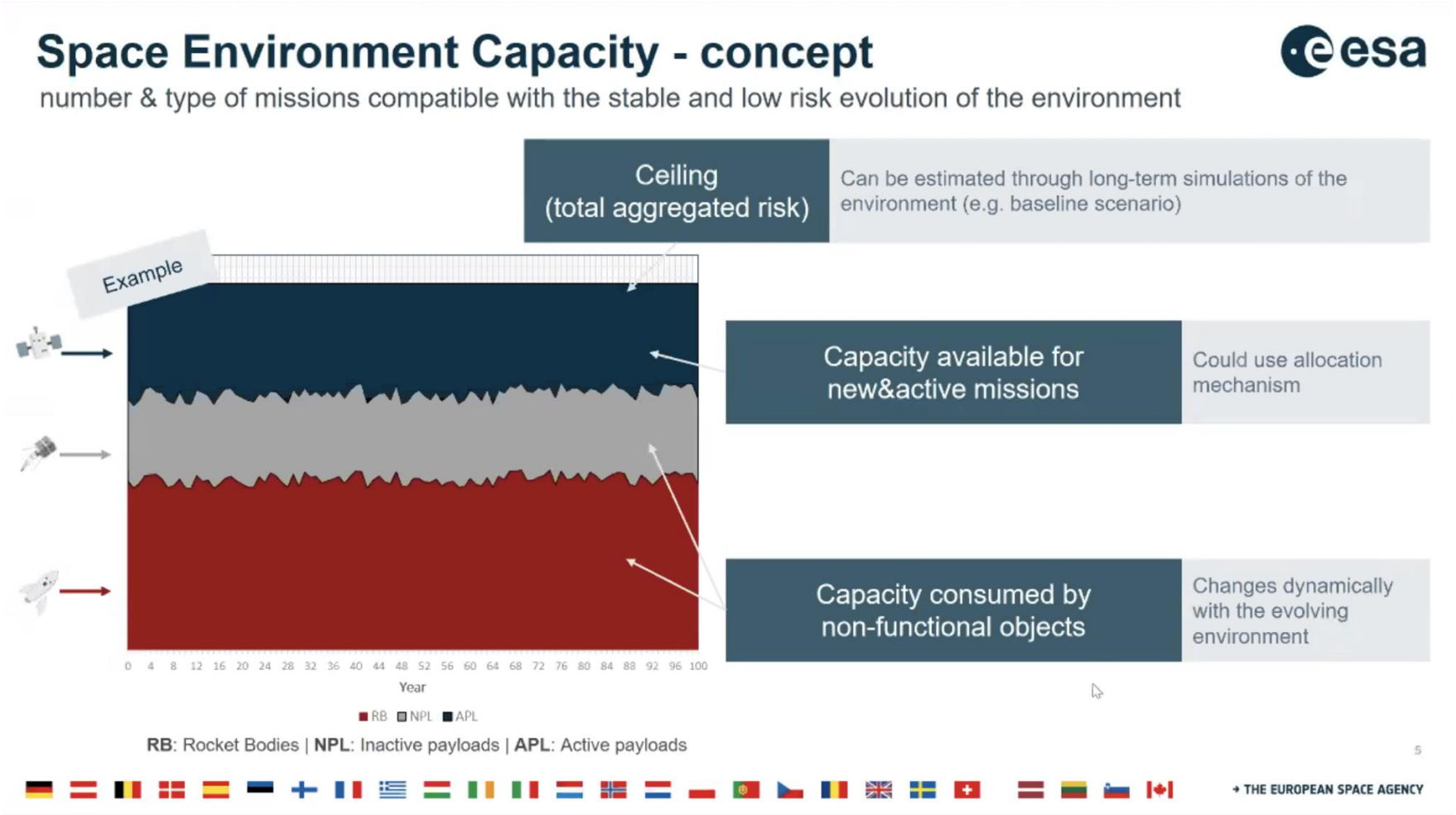
- Огромное увеличение «ближних подходов» в LEO
- Спутники, которые не могут маневрировать (неудача), не могут избежать столкновений
- Даже маневренные спутники не избавят вас от столкновений



Выводы по экологической устойчивости:

- ***Пределы «вместимости» существуют в LEO***
- ***Необходимо оптимизировать то, что развернуто для работы в этих пределах***

Ограничения устойчивого развития для заполнения LEO



Ограничения устойчивого развития для заполнения LEO

The case for space environmentalism

Andy Lawrence[1]✉, Meredith L. Rawls[2], Moriba Jah[3,4], Aaron Boley[5], Federico Di Vruno[6], Simon Garrington[7], Michael Kramer[8,9], Samantha Lawler[10], James Lowenthal[11], Jonathan McDowell[12] and Mark McCaughrean[13]

- «[G]растущая коммерческая эксплуатация того, что может показаться «бесплатным» ре на самом деле, извлечение истинных затрат».
- Необходимо понимать затраты, которые системы LEO налагают на:
  - Астрономия (радио- и оптическая) и темное ночное небо
  - Атмосфера Земли, экосистемы животных и растений
  - Космическая среда, поддерживающая коммерческую, гражданскую и военную де
- «Когда мы запускаем десятки спутников каждые несколько недель, мы снимаем возможность информировать нас о непреднамеренных последствиях наших действий, и мы не можем предсказать фактическое состояние динамического равновесия».

Устойчивое развитие: Пришло время действовать

- «Теперь мы находимся на перекрестке: если мы не найдем способов управления космическим движением, наши прошлые и текущие космические мероприятия поставят под угрозу безопасность, безопасность и устойчивость космического пространства и, как следствие, нашу будущую способность полагаться на пространство как на источник ключевых услуг в интересах человечества».

  Европейская комиссия, совместное сообщение Европейскому парламенту и Совету: Подход ЕС к управлению космическим движением; вклад ЕС в решение глобальной проблемы (JOIN(2022) 4 final)

- Только в первом Q1 2022 года было запущено 624 спутника
- Для 30 000 спутников Starlink Gen 2 потребуется частота запуска ~100 спутников каждые 6 дней в течение всего срока службы системы (~6000 в год)

Viasat

Устойчивое развитие: Решения в наличии

- ***Мы можем обеспечить как надежное использование LEO, так и устойчивое использование для всех***
  - Дистанционное измерение/наблюдение за землей
  - Наука
  - Оборона/безопасность
  - Положение, навигация и время
  - Коммуникации
- ***Одно решение — малые и более мощные спутники***
  - Снижение риска столкновений, снижение воздействия на окружающую среду
  - Стурза, М.А., Саура Карретеро, Г., Последствия спутниковых столкновений LEO — The Fragments (2021), 11-я конференция IAASS — Управление рисками в космосе, https://www.viasat.com/space-innovation/space-policy/space-debris/

Национальное лицензирование — единственный реалистичный способ борьбы с отрицательными последствиями

- Страны, заполняющие LEO, не заботятся о других
  - Конкуренция
  - Доступ к спектру и орбите
  - Окружающая среда
- Французское решение признает важность *тщательного рассмотрения национальных рисков на этапе выхода на рынок*:

  «[решение ARCEP] представляет собой даже одно из редких решений, если не единственное, принимаемое Францией, которое обусловливает предоставление услуг Starlink на нашей территории».

  Французский суд (Le Conseil d'État) о признании недействительным выхода на рынок Starlink, выводы докладчика, дело No 455321

Viasat

Выводы

1. Активность LEO растет экспоненциально с неадекватной регуляцией

2. Некоторые игроки LEO пытаются захватить все ресурсы LEO и соревнования по борьбе с хобби

3. Необходимо развивать пространство для инноваций, конкуренции и устойчивого использования пространства

4. Риск столкновения и другие виды вреда окружающей среде являются аддитивными

5. ***Национальные регуляторы лучше всего расположены на этапе выхода на рынок, чтобы обеспечить безопасность, справедливость и устойчивое развитие в LEO***

- Обеспечение того, чтобы операторы LEO имели равные углы зрения, орбиты и спектр, и работали в рамках разумного совокупного профиля риска столкновения
- Предотвращение помех в GEO, требуя от каждой системы LEO поддержания углового разделения и соблюдения установленных пределов EPFD для единой системы NGSO
- Изучение конкурентных и экологических эффектов предоставления доступа к системе LEO на рынке
- Совместная работа для обеспечения совместного использования пространства по всему миру и соблюдения глобальных экологических ограничений

Контрольный список для риска столкновения и мусора

- ***Общий риск столкновения является суммой для каждого спутника в течение срока службы системы***
  - ***Шкалы с ключевыми характеристиками LEO***
- Учитывайте характеристики системы LEO
  - Количество спутников
  - Масса и площадь поперечного сечения спутников
  - Используемые орбиты
  - Способность избегать столкновений при условии, что спутники остаются на орбите
    - Надежность спутниковых подсистем, обеспечивающих маневренность
    - Означает координацию с другими спутниками
- Рассмотрите совокупные эффекты в течение срока службы системы
  - Количество спутников, которые теряют маневренность/неудача
  - Количество «тесных встреч» с другими объектами
  - Непрерывный рост орбитального мусора
  - Введение дополнительных систем LEO

Viasat

Рекомендуемые дополнительное источники

- Лонг Г., Влияние больших созвездий спутников, JASON – The MITRE Corporation, JSR-20-2H, ноябрь 2020 г. (обновлено 21 января 2021 г.), https://www.nsf.gov/news/special_reports/jasonreportconstellations/JSR-20-2H_The_Impacts_of_Large_Constellations_of_Satellites_508.pdf
  - Исследование Национального научного фонда США показывает , что, возможно, нецелесообразно поддерживать даже одну из систем LEO, запускаемых в настоящее время, и прогнозирует значительное увеличение как космических столкновений, так и новых обломков, начиная всего с нескольких лет. В долгосрочной перспективе «спутники уничтожаются [в результате столкновений с мусором] быстрее, чем они запускаются».
- Стурза. M.A. и Saura Carretero, G., Design Trades for Environmentally Broadband LEO Satellite Systems (2021), 2021 Advanced Maui Optical and Space Surveillance Technologies Conference (AMOS), https://amostech.com/TechnicalPapers/2021/Poster/Sturza.pdf

  «[Исследования] демонстрируют концепции орбитальной емкости (число и тип спутников, которые могут быть устойчиво развернуты на каждой орбите без риска развития синдрома Кесслера) и переломных моментов (в тот момент времени, когда больше невозможно избежать развития синдрома Кесслера путем прекращения запуска)».

Рекомендуемые дополнительное источники

- Лоренс, А., «Потеря неба» (Photon Productions 2020)

  «То, к чему мы пришли — созвездие тысяч низкоорбитальных спутников — это прекрасная и дальновидная схема. Но трудно представить что-то лучшее, чтобы загрязнить ночное небо. Спутники могут быть такими же яркими, как и звезды, которые вы видите невооруженным глазом, и после завершения схемы будет гораздо больше спутников, чем звезд. Помимо загрязнения неба обычными людьми, они будут черпать штрихи по камерам профессиональных астрономов, насыщая чувствительные детекторы. Вероятность столкновений и скапливания космического мусора также увеличивается ужасно».

Рекомендуемые дополнительное источники

Росс М.Н. и Дэвид Л. «Недооцененная опасность нового космического века: Глобальное загрязнение воздуха», Scientific American (февраль 2021 г.)

> Вопреки многим историям СМИ о последнем захватывающем возвращении космоса, орбитальный мусор, возвращающийся на Землю, не «исчезает» и не «выгорает» при возвращении.
>
> В отличие от химически простых частиц, появившихся при запуске, частицы, образовавшиеся при повторном входе в пространство, будут представлять собой зоопарк сложных химических типов.
>
> Растущие низкоземельные орбитальные мегазвезды, в каждой из которых находятся тысячи спутников, используют испарение в качестве механизма утилизации в конце срока службы спутника. После развертывания этих созвездий каждый год будут «вставляться» в отходы сотни тонн нефункционирующих спутников. Большая часть этой массы станет частицами в средней атмосфере. Очень мало известно о выработке пыли при повторном входе, микрофизике частиц и о том, как пыль при повторном входе может повлиять на климат и озон».

Рекомендуемые дополнительное источники

Viasat, Управление рисками «Мега-Созвездия» в LEO (обновлено в январе 2022 г.), https://www.viasat.com/about/what-we-believe/space-policy/space-debris/

Ключом к предотвращению катастрофы является снижение риска столкновения с самого начала, требуя от систем LEO работать с разумными профилями риска. Каждая страна, которая разрешает системам либо занимать LEO, либо получать доступ к своим доменам на Земле или выше, может определять и применять политики для обеспечения безопасности этих систем. Полезно повысить ситуационную осведомленность о космосе и управлять космическим движением, но, как и авиация на Земле, существуют ограничения по плотности космического движения, которые можно безопасно контролировать. Основной проблемой является переполнение слишком большого количества объектов в ценные области пространства всего лишь одной или двумя отдельными странами или коммерческими игроками

Инновационные системы могут обеспечить лучшее обслуживание, устойчивое развитие пространства и позволить всем странам конкурировать и справедливо занимать свое место в экономике нового пространства. Национальные регулирующие органы имеют право гарантировать, что системы, которые они разрешают или разрешают обслуживать свои страны, не представляют угрозы их собственным национальным интересам или космической безопасности, и что несколько участников могут разделять ограниченные орбитальные ресурсы LEO на справедливой основе.