

**Орбитальные лазерные магистрали:
анализ концепции «Space-Enabled
Information Superiority» и вызовы для
систем РЭР и ОПК**

«Space-Enabled Information Superiority» («информационное превосходство, обеспечиваемое космическими средствами») – это стратегическая способность государства собирать, обрабатывать, передавать и защищать критически важные данные быстрее и точнее противника с использованием многоорбитальной космической группировки, одновременно лишая противника возможности делать то же самое.

Концепция **Space-Enabled Information Superiority** и её технический фундамент в виде орбитальных Mesh-сетей лазерной связи не возникли в одночасье. Это результат многолетней эволюции военной мысли, которая двигалась от теории классического доминирования в физических сферах к тотальному превосходству в управлении данными.

Ниже представлен точный исторический хронограф: когда, где и кто сформировал это направление.

Этап 1. Истоки доктрины: эволюция «Превосходства в сферах» (конец XIX – XX вв.).

Прежде чем заговорить об *информационном* превосходстве через космос, военные теоретики формулировали концепции господства в классических физических доменах:

Морская сфера (1890 год, США): американский капитан и историк **Альфред Тейер Мэхэн** в своем фундаментальном труде *«Влияние морской силы на историю»* впервые ввел понятие «командования на море» (Command of the Sea) как ключевого фактора победы государства.

Воздушная сфера (1921 год, Италия): итальянский генерал **Джулио Дуэ** в книге *«Господство в воздухе»* (и его американский коллега генерал **Уильям «Билли» Митчелл**) провозгласил, что контроль над небом определяет исход любой наземной кампании.

Космическая сфера (1957 – 1960-е гг.): сразу после запуска первого искусственного спутника Земли СССР обе сверхдержавы осознали космос как «высшую стратегическую высоту». Однако до конца XX века он рас-

сма­три­вал­ся ис­клю­чи­тель­но как *вспомо­га­тель­ная сре­да* для раз­вед­ки и стра­те­гичес­кого ядер­ного сдер­жи­ва­ния.

Этап 2. Зарождение термина «Информационное превосходство» (1990-е гг.).

Официальное рождение концепции **Information Superiority** (информационное превосходство) произошло в **США** после завершения операции «Буря в пустыне» (1991 г.), где американские войска впервые продемонстрировали зачатки цифровой координации сил.

Кто впервые представил: министерство обороны США и комитет начальников штабов (КНШ).

Когда и где: концепция была официально зафиксирована в стратегическом документе «**Joint Vision 2020**» (программный документ долгосрочного планирования развития ВС США), изданном в конце 1990-х гг.

Суть: документ провозгласил, что победа в войнах XXI века будет достигаться за счет «полноспектрального доминирования» (Full-Spectrum Dominance), ядром которого является способность собирать и обрабатывать информацию быстрее противника. Космос в этом документе уже был назван критическим, но еще глубоко радиочастотным (РЧ) каналом связи.

Этап 3. Переломный момент: трансформация космоса в боевой домен (2000-е гг.).

Долгое время космос оставался «мирной тихой гаванью», где спутники никто физически не трогал. Ситуация безвозвратно изменилась в середине 2000-х гг.

Триггер направления (Январь 2007 года, Китай): КНР успешно провела испытание противоспутниковой ракеты (ASAT), уничтожив собственный старый метеорологический спутник «FY-1C» на высоте 865 км.

Историческое значение: это событие завершило так называемую «вторую космическую эру» (безопасного космоса) и дало старт **третьей космической эре**. Космос официально стал **Warfighting Domain** (доменом ве-

дения боевых действий). Военные аналитики в Вашингтоне и Пекине осознали: геостационарные спутники связи – это уязвимые мишени. Встал вопрос о создании распределенных низкоорбитальных (LEO) сетей, способных функционировать в условиях жесткого огневого и радиоэлектронного противодействия.

Этап 4. Технологический прорыв: появление СЛС и меш-сетей (2010-е – 2020-е гг.).

Прямой предтечей технической архитектуры (лазерные каналы OISL, «Edge Computing»), стали разработки управления перспективных исследований МО США (**DARPA**).

В **2018 – 2020** гг. управление перспективных исследований МО США (**DARPA**) запустило программу «**Blackjack**». Задача программы заключалась в том, чтобы доказать: созвездие из десятков малых, дешевых коммерческих спутников на LEO-орбите, связанных между собой лазерными лучами, эффективнее и живучее, чем один огромный военный спутник за миллиард долларов.

Индустриальное воплощение (2019 – 2022 гг.): создание Илоном Маском сети **STARLINK** (а затем её закрытого военного сегмента «**Starshield**») доказало жизнеспособность концепции космической лазерной Mesh-сети на практике.

Этап 5. Финальная институционализация концепции (2025 – 2026 гг.).

Окончательное оформление термина **Space-Enabled Information Superiority** в том виде, в каком он представлен в докладе, произошло совсем недавно.

Кто институционализировал: космические силы США (USSF) и специально созданное агентство космического развития (SDA).

В **апреле 2025** года с выходом доктрины «*Space Warfighting Framework*». Именно в этой доктрине и сопутствующих аналитических мате-

риалах ведущих центров (таких как «CSIS» и «*Mitchell Institute*») концепция обрела современную поплатформенную структуру: жесткое деление на транспортные («Transport») и следящие («Tracking») слои, увязанные межспутниковыми лазерными магистралями со сквозным шифрованием.

Исторический ракурс показывает: направление прошло путь от **философии морского господства Мэхэна (1890)** через **сетецентрические доктрины Пентагона (1990-е гг.)** и китайский противоспутниковый вызов (2007 г.) к **лазерным Mesh-сетям DARPA/SDA (2020-е гг.)**.

На сегодняшний день это вершина эволюции систем глобального боевого управления.

1. Сущность концепции и её реальные цели

В современной войне космос перестал быть просто средой обеспечения (обеспечить картами, дать радиосвязь). Космос стал **главным операционным доменом**, определяющим скорость прохождения так называемого **цикла OODA (НУВД, «наблюдение» – «ориентация» – «решение» – «действие»)**.

В условиях применения высокоточного дальнобойного оружия и гиперзвуковых комплексов побеждает не тот, у кого массивнее ракета, а тот, чей космический сенсор обнаружил цель, оцифровал её, передал на пусковую установку за секунды и подтвердил уничтожение.

Прагматичные цели концепции на поле боя:

1. **Сжатие временного контура «Sensor-to-Shooter» (от датчика до стрелка):** сокращение времени от момента фиксации объекта (например, ОТРК противника) оптическим или радиолокационным спутником до момента пуска по нему ракеты. Норматив 2026 года в передовых армиях – **менее 5 – 10 минут** (ранее этот процесс занимал часы).

2. **Глобальная непрерывная связность (концепция C5ISR):** управление распределенными силами (армия, авиация, флот, БПЛА) в едином цифровом облаке, полностью независимом от наземной инфраструктуры связи, кабельных линий и классических радиовышек.

3. **Борьба за орбитальное доминирование (Counterspace):** функциональное поражение или ослепление спутниковых систем противника в конкретный временной отрезок на конкретном театре военных действий (ТВД).

2. Доктринально-правовой базис концепции (руководящие документы)

Стратегия внедрения концепции жестко дифференцирована по странам. Разработка ведётся игроками, способными обеспечить полный цикл: от производства микроэлектроники и софта до обладания тяжёлыми ракетами-носителями.

Ошибочно полагать, что управление космическими группировками ведётся на основе умозрительных планов. Вся нормативная база США и НАТО переведена на рельсы **многодоменных операций (JADO)**, где космос юридически и функционально увязан с кибернетическим и электромагнитным доменами.

1. Нормативно-правовые и военные документы США.

Joint Publication 3-14 «Joint Space Operations» (Объединённая доктрина космических операций, обновленная редакция): главный стратегический документ министерства обороны США. Важнейшее юридическое изменение доктрины – **официальное разрешение космическому командованию (USSPACECOM) задействовать как оборонительные, так и наступательные «прямые или обеспечивающие» («direct or enabling») возможности против орбитальных активов, наземных станций управления и линий передачи данных противника.** Документ официально отменил размытые термины «space control» и «counterspace» как эвфемизмы «combat».

Зона ответственности USSPACECOM теперь законодательно зафиксирована от высоты **100 км над уровнем моря и выше**. наземных зон РЭБ противника.

«Space Warfighting Framework» (USSF, утверждено в 2025 году): практическое руководство планирования операций для космических сил. Закрепляет переход от тяжелых одиночных ИСЗ к «избыточным распределенным архитектурам» на низких орбитах (LEO). Документ прямо обязывает разработчиков внедрять межспутниковую лазерную связь (OISL) во все типы военных платформ для обхода наземных зон РЭБ противника.

Мета-доктрина **JADC2 (Joint All-Domain Command and Control)** определяет космический эшелон как главную интеграционную платформу для объединения ВВС, ВМС и сухопутных сил США.

Подход: ставка на распределённые, низкоорбитальные мегагруппировки из тысяч малых спутников и глубокую интеграцию с коммерческим сектором («SpaceX» сегмент «Starshield», «L3Harris», «Lockheed Martin», «True Anomaly»).

Air Force Doctrine Publication 3-14 «Space Support» (BBC США, 2025) и серии документов космических сил **«Space Doctrine Note» (SDN):**

SD 3-100 «Space Domain Awareness» (2023 г.) – регламентирует слежение за спутниками-инспекторами оппонента.

SD 3-103 «Missile Warning and Tracking» (2025 г.) – протоколы координации спутников ИК-разведки при перехвате гиперзвуковых целей.

SD 3-104 «Electromagnetic Spectrum Operations» (2025 г.) – доктрина ведения радиоэлектронной борьбы из космоса и защита собственных РЧ-аппликов.

2. Коалиционные документы НАТО.

«NATO Comprehensive Space Policy» (всеобъемлющая космическая политика альянса): определяет космос как суверенный домен коллек-

тивной обороны (Статья 5 Вашингтонского договора теперь распространяется на атаки против спутников союзников).

«Alliance Space Cloud Framework» (2025 – 2026 гг.): технический регламент, обязывающий европейских стран НАТО унифицировать интерфейсы лазерных терминалов связи со стандартами агентства космического развития США (SDA) для создания бесшовного трансатлантического оптического облака.

3. Нормативные документы КНР.

Директива военного совета ЦК КПК «Ведение локальных войн в условиях информатизации и интеллектуализации» (2024 – 2026 гг.): переводит силы стратегической поддержки НОАК на рельсы превентивного разрушения информационных сетей противника. Космос признается критической уязвимостью США.

«Концепция системного противоборства и разрушения системной архитектуры противника» («Systems Destruction Warfare»): базовый документ академии военных наук НОАК. Целью китайских орбитальных средств ставится не уничтожение отдельных боевых единиц США, а функциональное «перерезание» их коммуникационных каналов (в первую очередь лазерных магистралей и РЧ-фидеров Ка-диапазона) для обрушения мета-системы JADC2.

Подход: создание государственных LEO-конгломератов, дублирующих американские технологии, и жёсткий контроль над околоземным пространством в рамках стратегии A2/AD (ограничение и воспреещение доступа).

4. Нормативные документы Франции.

Руководящие документы: «Космическая оборонная стратегия Франции» («Stratégie spatiale de défense») и Закон о военном программировании (LPM).

Подход: акцент на концепцию «активной космической обороны» («défense active»). Франция официально зарезервировала за собой право фи-

зически и радиоэлектронно защищать свои спутники на орбите, создавая специализированное космическое командование (CDE) в Тулузе. Полная суверенность разведки и связи.

5. Нормативные документы Великобритании.

Руководящие документы: национальная космическая стратегия Великобритании (UK Space Strategy) и «Defence Investment Plan».

Подход: фокус на неуязвимости ядра стратегической связи, интеграции в разведобъединение «Пяти глаз» (Five Eyes) и концепции «**Space Control**» (контроль орбиты через интеграцию наступательного кибероружия и наземных датчиков слежения).

6. Нормативные документы Германии.

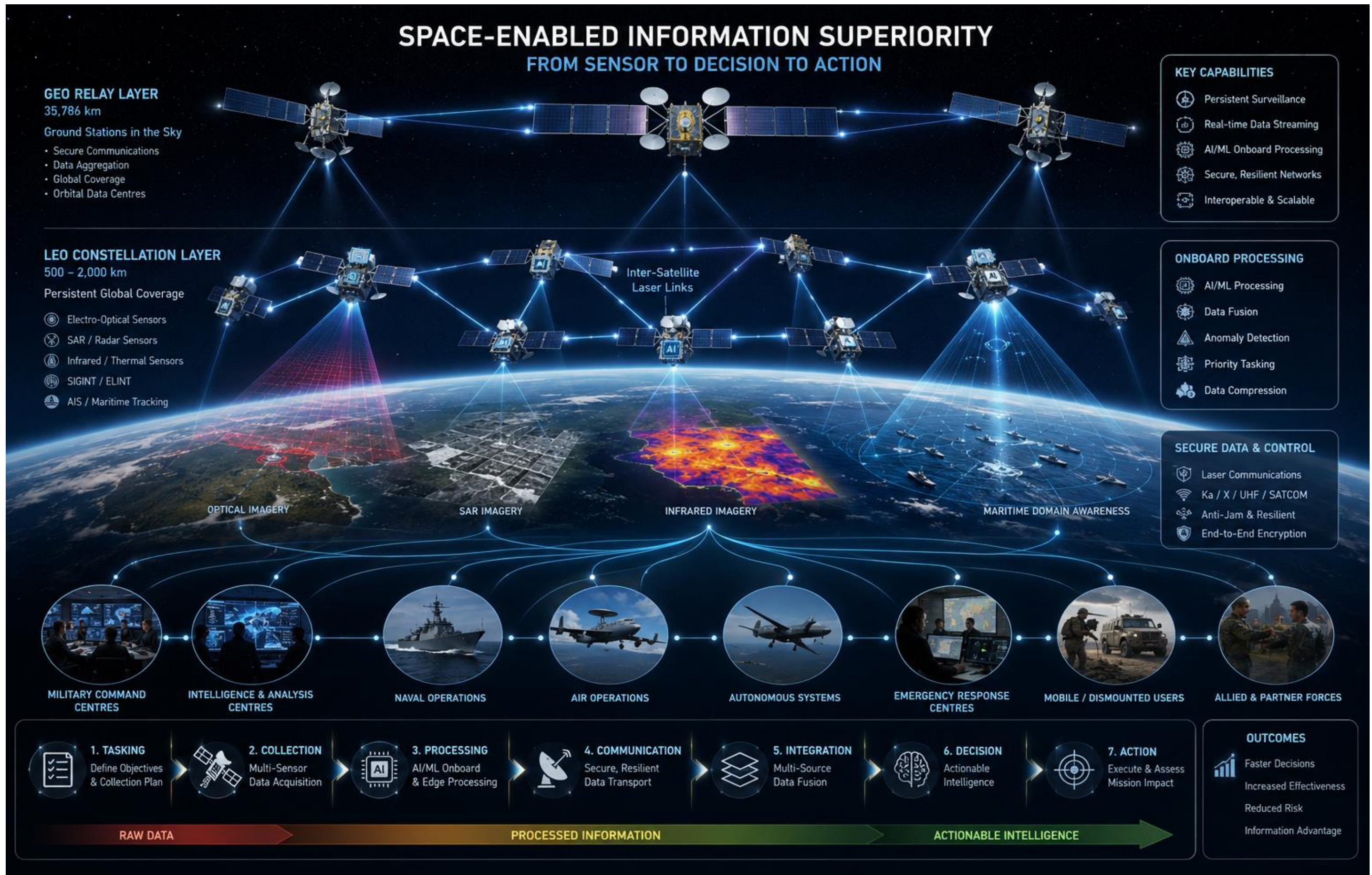
Руководящие документы: «Космическая стратегия правительства ФРГ» («Weltraumstrategie») и доктрина «Гибридного космоса» командования кибер- и информационного пространства (CIDS).

Подход: прагматичный отказ от собственных мега-группировок в пользу технологического лидерства в сфере РЛР зондирования Земли (SAR) и производства лазерных компонентов для союзников по НАТО.

3. Структурный анализ архитектуры по уровням

Современная архитектура превосходства представляет собой не набор изолированных спутников-шпионов, а многоуровневую взаимосвязанную цифровую экосистему, развернутую на различных орбитах.

На изображении представлена подробная инфографика под названием «**Space-enabled information superiority: from sensor to decision to action**» (Информационное превосходство на базе космических средств: от датчика к решению и действию). Схема иллюстрирует концепцию многоуровневой военно-космической архитектуры разведки, связи и управления. Ниже приведён детальный анализ структуры и содержания этой инфографики.



1. Архитектура космического сегмента (верхняя часть).

Космическая инфраструктура разделена на два ключевых эшелона, связанных между собой:

GEO RELAY LAYER (геостационарный ретрансляционный уровень):

Высота: 35 786 км.

Описание: наноспутники на схеме названы «наземными станциями в небе» (*Ground Stations in the Sky*).

Функции: обеспечение защищённой связи, агрегация данных, глобальное покрытие и орбитальные дата-центры.

LEO CONSTELLATION LAYER (низкоорбитальная спутниковая группировка):

Высота: от 500 до 2 000 км.

Описание: обеспечивает постоянное глобальное покрытие. Спутники связаны между собой с помощью **межспутниковых лазерных каналов связи** (*Inter-Satellite Laser Links*).

Типы используемых сенсоров:

Оптико-электронные датчики (*Electro-Optical Sensors*).

Радары с синтезированной апертурой (*SAR/Radar Sensors*).

Инфракрасные/тепловые датчики (*Infrared/Thermal Sensors*).

Радиоэлектронная разведка (*SIGINT/ELINT*).

Отслеживание морских судов (*AIS/Maritime Tracking*).

2. Сбор данных и мониторинг Земли (средняя часть).

Показано, как низкоорбитальная группировка сканирует поверхность Земли в режиме реального времени по четырем основным направлениям:

1. **OPTICAL IMAGERY** (оптические снимки): фото- и видеосъёмка высокого разрешения.

2. **SAR IMAGERY** (снимки РЛР): съёмка сквозь облака и в ночное время.

3. **INFRARED IMAGERY (инфракрасные снимки):** фиксация тепловых сигнатур (например, пуски ракет или работа техники).

4. **MARITIME DOMAIN AWARENESS (осведомлённость о морской обстановке):** мониторинг перемещения военных и гражданских судов.

3. Потребители информации и операционные сферы (нижняя часть).

Собранные и обработанные данные со спутников спускаются на тактический и стратегический уровни для различных ведомств:

Военные командные центры (*Military Command Centres*).

Центры разведки и анализа (*Intelligence & Analysis Centres*).

Военно-морские операции (*Naval Operations*).

Военно-воздушные операции (*Air Operations*).

Автономные/беспилотные системы (*Autonomous Systems*).

Центры реагирования на чрезвычайные ситуации (*Emergency Response Centres*).

Мобильные и спешенные военнослужащие (*Mobile / Dismounted Users*).

Союзные войска и партнёры (*Allied & Partner Forces*).

4. Технологические блоки и возможности (Правая сторона)

Инфографика выделяет ключевые преимущества архитектуры, разделенные на три блока:

KEY CAPABILITIES (ключевые возможности): постоянное наблюдение, передача данных в реальном времени, встроенный ИИ на борту спутников (*AI/ML Onboard Processing*), защищённые отказоустойчивые сети, масштабируемость.

ONBOARD PROCESSING (бортовая обработка): использование ИИ для слияния данных из разных источников (*Data Fusion*), автоматического обнаружения аномалий, приоритизации задач и сжатия информации перед отправкой.

SECURE DATA & CONTROL (защита данных и управления): лазерная связь, работа в диапазонах Ka/X/UHF/SATCOM, устойчивость к радиоэлектронной борьбе (*Anti-Jam*) и сквозное шифрование (*End-to-End Encryption*).

5. Линейный процесс обработки информации (самый нижний ряд).

В самом низу показана сквозная шкала трансформации данных от сырого потока к принятию решений, состоящая из семи шагов:

1. **TASKING (постановка задачи):** определение оперативных задач, зон разведки и формирование детального плана сбора данных.

2. **COLLECTION (сбор):** одновременное включение мультисенсорного комплекса (оптика, SAR-РЛС, инфракрасные датчики, радиотехнический перехват). Мультисенсорный захват информации.

3. **PROCESSING (обработка):** первичная обработка с помощью ИИ прямо на борту (*Edge Processing*). Бортовой искусственный интеллект спутника (*AI/ML Onboard & Edge Processing*) фильтрует данные, сжимает их и выделяет приоритетные цели.

4. **COMMUNICATION (связь):** защищённая, помехоустойчивая передача информации через лазерные и криптозащищенные радиоканалы на Землю.

5. **INTEGRATION (интеграция):** слияние информации из множества источников (*Multi-Source Data Fusion*) на наземных комплексах, формирование единой цифровой карты поля боя (*Common Operational Picture*).

6. **DECISION (решение):** формирование готовой оперативной разведывательной информации (*Actionable Intelligence*) для командных центров, выработка оптимального сценария уничтожения цели.

7. **ACTION (действие):** мгновенная выдача целеуказания на ударные платформы (автономные системы, ВМС, авиация, тактические штурмо-

вые группы), нанесение высокоточного удара и последующая спутниковая оценка нанесенного ущерба (*Mission Impact*).

Благодаря этой цепочке реализуются ключевые прагматичные результаты (**Outcomes**): «**Faster Decisions**» (ускорение цикла принятия решений), «**Increased Effectiveness**» (повышение точности ВТО) и «**Information Advantage**» (информационное доминирование над противником).

Эта инфографика детально иллюстрирует передовую **военную многоорбитальную архитектуру (Multi-Orbit Space Architecture)**, которая активно внедряется космическими силами США (US Space Force) в рамках концепции JADC2 (Joint All-Domain Command and Control).

Основная цель этой системы – превратить космос из среды простой ретрансляции сигналов в распределенную вычислительную сеть тактического уровня.

Ниже представлен глубокий технический анализ представленной схемы с её прямой привязкой к реальным современным **спутниковым платформам, программам и оборонным контрактам**.

I. Привязка к спутниковым платформам и архитектурам.

1. Низкоорбитальный эшелон: LEO Constellation Layer (500 – 2000 км).

Основой визуализированной структуры является концепция **распределочной и размноженной группировки (Proliferated Low Earth Orbit, pLEO)**. В реальности эта схема полностью соответствует архитектуре **PWSA (Prototyping/Proliferated Warfighter Space Architecture)**, разрабатываемой Агентством космического развития США (SDA):

Транспортный уровень (Transport Layer): на схеме это спутники, соединённые **межспутниковыми лазерными каналами связи (Inter-Satellite Laser Links, ISLL)**. Они формируют динамическую ячеистую сеть (Mesh-сеть) в космосе. В качестве платформ здесь выступают серийные малые спутники (SmallSats) на базе шин «**Lockheed Martin**» (платформа

LM50), «York Space Systems» (платформа S-CLASS) и «Northrop Grumman».

Следящий/разведывательный уровень (Tracking/Tracking Layer): спутники pLEO, оснащённые сенсорами. Примерами таких платформ служат аппараты от компаний **«L3Harris»** и **«SpaceX»** (на базе платформы **«Starshield»**), оборудованные широкоугольными инфракрасными датчиками (Wide Field of View) для обнаружения гиперзвуковых и баллистических ракет.

Архитектура строится на жестком разделении слоев («Tranches»), закупки которых форсированы в 2024 – 2026 гг:

Транспортный слой (Transport Layer LEO):

Tranche 1 Transport Layer (T1TL): около 128 аппаратов. Разработчики и производители шин спутников – **«Lockheed Martin»**, **«Northrop Grumman»** и **«York Space Systems»**. Обеспечивают региональную тактическую персистентность (передачу данных «Link 16» со спутника прямо на самолёт или БТР).

Tranche 2 Transport Layer (T2TL): контракты распределены в 2024 – 2025 гг. между **«Rocket Lab»** (18 аппаратов), **«Lockheed Martin»** и **«Northrop Grumman»**. Внедряются модифицированные лазерные терминалы повышенной пропускной способности.

Слой отслеживания и разведки (Tracking Layer LEO):

Tranche 1 & 2 Tracking Layer: спутники раннего предупреждения и генерации траекторий целеуказания ВТО. Главный подрядчик – **«L3Harris Technologies»** совместно с **«Sierra Space»** (платформа **«Horizon»**). Спутники несут на борту среднеполевые инфракрасные матрицы (MWIR), являющиеся развитием программы **HBTSS (Hypersonic and Ballistic Tracking Space Sensor)**.

Tranche 3 Tracking Layer (T3) & AMDT3 (Accelerated Missile Defense): Контрактные соглашения финализированы в декабре 2025 – июле 2026 года.

Общий объем группировки расширен до **104 аппаратов**. Финансирование распределено между «*Lockheed Martin*,» «*Northrop Grumman*», «*L3Harris*» (955 млн. долларов США) и «*Sierra Space*» (798 млн. долларов США). Спутники создают так называемый орбитальный контур «*Golden Dome for America*» против маневрирующего гиперзвукового оружия.

Коммерческий оборонный субсегмент «SpaceX» – «Starshield»: абсолютно закрытое созвездие на базе спутников «*Starlink V2/V3*». Масса аппаратов – от 1,2 до 2 тонн. Каждый спутник оснащен **лазерными терминалами третьего поколения (Laser Gen3)** разработки самой компании «*SpaceX*». Скорость трансляции между аппаратами доведена до 100 Гбит/с.

Группировка КНР (проект GW):

«Guowang» (сеть GW): мега-конstellляция низкоорбитального интернета. Целевой объем – **12 992 спутника**. По состоянию на **2026 год** Китай перешёл на кластерные запуски партий по 30 – 50 аппаратов каждые 5 дней. Спутники оснащаются суверенными межспутниковыми оптическими терминалами, работающими на длине волны 1550 нм, создавая полное зеркало американской PWSA.

2. Геостационарный эшелон: GEO Relay Layer (35 786 км)

Концепция «Наземных станций в небе» (*Ground Stations in the Sky*) отражает переход от гигантских уязвимых геостационарных аппаратов к защищённым ретрансляторам:

Платформы связи: это защищённые военные платформы стратегической связи нового поколения. Прямой аналог – спутники **WGS (Wideband Global SATCOM)** от «*Boeing*», а также перспективные аппараты программы **ESS (Evolved Strategic SATCOM)** от компаний «*Northrop Grumman*» и «*Lockheed Martin*», устойчивые к продвинутым средствам РЭБ (*Anti-Jam*).

Интеграция: они выступают в роли верхнего хаба (орбитального дата-центра), который принимает агрегированные тактические данные от сотен

спутников LEO и передает их напрямую в глобальные командные центры (например, в штаб ОСК ВС США).

КА «Syracuse IV» (Франция): спутники «*Syracuse 4A*» (выведен РН «Ariane 5») и «*Syracuse 4B*» (выведен РН «Falcon 9»). Полезная нагрузка создана «**Thales Alenia Space**». Оснащены активными фазированными решетками сантиметрового (X) и миллиметрового (Ka) диапазонов с цифровым подавлением помех. Обладают конструкционной защитой от поражения высотным ядерным взрывом.

КА «Skynet 6A» (Великобритания): спутник на платформе «Eurostar Neo» от «**Airbus Defence and Space**». Прошел финальное тестирование в национальной космической лаборатории (NSTF) Великобритании и законтрактован для запуска. Это центральный узел ретрансляции лазерного и КВЧ-трафика для британских баз от Кипра до Фолклендских островов.

II. Сенсоры и методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Схема демонстрирует комплексное **мультиспектральное слияние данных (Multi-Sensor Data Fusion)**. Каждому типу снимков на схеме соответствуют реальные типы спутниковых платформ:

OPTICAL IMAGERY (оптоэлектронная разведка): высокодетальная съёмка видимого диапазона. Привязка к коммерческим платформам оборонного назначения – «**Maxar**» (спутники «**WorldView**»/«**Legion**») и «**BlackSky**», которые предоставляют субметровое разрешение для тактического планирования.

SAR IMAGERY (радиолокационная разведка): спутники с РЛС с синтезированной апертурой. Позволяют «видеть» сквозь облака, дым и ночью. В военной сфере это группировки, создаваемые компаниями «**Capella Space**», «**ICEYE**» и «**Umbra**», данные с которых закупаются национальным управлением военно-космической разведки США (NRO).

Группировка КНР «Яогань» («Yaogan»): серии военных спутников радиолокационной разведки высокого разрешения (SAR) и радиотехническо-

го перехвата, объединённые в тройки. Летая в жёстком строю, они обмениваются данными по локальным СЛС-каналам и передают координаты целей на пусковые комплексы ракет DF-21D и DF-27.

INFRARED IMAGERY (инфракрасная/тепловая разведка): фиксация тепловых точек. На стратегическом уровне это платформы «**SBIRS**» (**Space Based Infrared System**), а на тактическом – pLEO-спутники от «**Radian**» и «**Sierra Space**», отслеживающие факелы ракетных двигателей и работу тяжелой бронированной техники.

MARITIME DOMAIN AWARENESS (морской мониторинг): отслеживание сигналов системы AIS и радиотехническая разведка (SIGINT). Ярким примером платформы являются микроспутниковые созвездия «**HawkEye 360**» и «**Spire Global**» (серия «**Lemur**»), которые перехватывают радиочастотные сигналы кораблей, идущих с выключенными транспондерами.

III. Технологический анализ «Edge Computing» (бортовой ИИ).

Самым важным элементом инфографики является блок **ONBOARD PROCESSING**. Исторически «сырые» гигабайты космических снимков транслировались на Землю, где часами обрабатывались аналитиками.

Современный подход строится на **периферийных вычислениях (Edge Computing)** прямо на борту аппарата:

Граничные вычисления (Edge Processing): специализированные радиационно-стойкие процессоры с элементами искусственного интеллекта и машинного обучения обрабатывают потоковую информацию «на лету», такие как ИИ-модули на базе архитектур «**Xilinx**»/«**AMD**» («**Versal ACAP**») или специализированные чипы от «**Ramon.Space**».

Автоматизация цикла OODA: бортовой ИИ осуществляет «**Data Fusion**» (слияние данных с радара и оптики) прямо на процессоре спутника.

«Data Fusion» (слияние данных): ИИ объединяет разнородные потоки. Бортовой процессор накладывает контур объекта, полученный радаром

(SAR), на его тепловую сигнатуру (Infrared) и сопоставляет с перехваченным радиосигналом (SIGINT). На выходе формируется верифицированный цифровой образ цели.

Anomaly Detection & Priority Tasking: автоматика сама выявляет аномалии на поверхности (например, появление пусковой установки там, где ее не было полчаса назад). Бортовой компьютер самостоятельно пересчитывает тактическую задачу и выдаёт команду соседним спутникам созвездия перенаправить узконаправленные сенсоры на эту точку (**Priority Tasking**).

Обнаружив аномалию (например, выход корабля из порта или движение колонны), ИИ сжимает данные (*Data Compression*) и отправляет не весь снимок, а **только текстовое/векторное целеуказание** по лазерному лучу. Это сокращает время от фиксации цели до принятия решения (*Sensor-to-Decision*) с часов до секунд. Спутник спускает на Землю не графический снимок объёмом в гигабайты, а сжатый текстовый вектор целеуказания: «Обнаружена батарея ПВО, тип Patriot/C-400, координаты XX.XX, XX.XX».

IV. Защита каналов связи (Secure Data & Control).

Передача тактической информации уязвима перед системами радиоэлектронной борьбы. На схеме показаны три рубежа защиты:

1. **Лазерные терминалы (Optical Communications):** межспутниковая лазерная связь (производства «Mynaric», «Mbryonics» или «CACI») физически защищена от перехвата и подавления средствами РЭБ, так как луч шириной в несколько метров невозможно заглушить стандартной радиопомехой. На борту аппаратов SDA и компании «SpaceX» стоят лазерные пушки конкретных брендов:

«CACI International»: их лазерные терминалы установлены, например, на аппаратах «L3Harris» «Tranche 0» и «Tranche 1». Отработана прямая лазерная связь «Space-to-Air» со спутника LEO на летящий стратегический самолет управления.

«Tesat-Spacecom» и «Mynaric» (Германия): монополисты европейского рынка и ключевые поставщики для компаний «Northrop Grumman» и «Lockheed Martin». Терминалы серии «CONDOR» (Mynaric) сертифицированы по стандартам совместимости SDA.

Лазерные модемы и терминалы LCT: работают в ближнем ИК-диапазоне (около 1550 нм). Скорость обмена данными – от **10 до 100 Гбит/с** на расстояниях до 3000 – 5000 км в вакууме. Ключевые поставщики мирового уровня – немецкие высокотехнологичные компании «**Tesat-Spacecom**» и «**Mynaric**», чье оборудование является аппаратным базисом как европейских систем, так и американской правительственной программы SDA. Поскольку лазерный луч имеет расходимость в считанные микрорадианы, его невозможно перехватить со стороны или подавить традиционным радиошумом.

Микроволновые РЛС SAR: работают преимущественно в Х-диапазоне (сантиметровые волны) и С-диапазоне. Посылая активный импульс и фиксируя его отражение, радар «прошивает» облачность, плотный дым, туман и песчаные бури, обеспечивая всепогодность разведки. Пространственное разрешение современных военных SAR-систем достигает феноменальных **20 – 25 см на пиксель**, позволяя различать конкретные модификации бронетехники.

Сенсоры на распределенной фокальной плоскости (FPA): инфракрасные матрицы на базе теллурида кадмия-ртути (HgCdTe). Охлаждаемые жидким азотом или замкнутыми криогенными системами, эти датчики обладают экстремальной температурной чувствительностью, фиксируя малоконтрастные тепловые следы маневрирующих гиперзвуковых блоков в верхних слоях атмосферы.

2. **Многодиапазонный SATCOM:** работа в Ka/X/UHF диапазонах с использованием технологии псевдослучайной перестройки рабочей частоты (ППРЧ).

Защищённый тактический наземный сегмент (Secure Data & Control). Спуск информации конечным потребителям на Земле сопряжён с риском противодействия РЭБ противника. Для борьбы с этим используются следующие технологии:

Программно-определяемые модемы (SDR): французские модемные комплексы семейства «**Modena**» от концерна «Thales», немецкие платформы «**Airbus Proteus**» и решения британской группы «**Babcock**» (*Team Aurora*).

Помехозащищенные протоколы (Anti-Jam): работа в миллиметровых и сантиметровых диапазонах частот (**Ka, X, UHF, SATCOM**) по жестким оборонным стандартам (таким как натовский **STANAG 4606**). Применяется технология **FHSS** (псевдослучайная перестройка рабочей частоты до тысяч раз в секунду) в сочетании со сверхузкими лучами мобильных фазированных антенных решеток (ФАР). Терминалы, установленные на технике (например, французские бронемшины программы «*Scorpion*» – «*Griffon*» и «*Jaguar*»), способны поддерживать высокоскоростной канал связи в движении (*Satcom-on-the-Move*), непрерывно фильтруя помехи наземных комплексов подавления.

3. **Сквозное шифрование (End-to-End Encryption):** прямая криптографическая защита данных от спутника-сенсора до планшета конечного военнослужащего на поле боя (*Dismounted Users*). В Европе (программа «EuroQCI») в архитектуру модемов внедряются элементы квантового распределения ключей (QKD) для предотвращения взлома данных перспективными квантовыми компьютерами противника.

Перед нами архитектурный проект **информационной сети**.

Спутники здесь – это не просто изолированные «камеры» на орбите, а **распределённые узлы боевого облака (Combat Cloud)**.

Главным фактором превосходства становится скорость обработки информации: ИИ на борту спутника трансформирует «*Сырые данные*» (*Raw Data*) в «*Полезную информацию*» (*Processed Information*), лазерная сеть пре-

вращает её в «Применимую разведку» (*Actionable Intelligence*), обеспечивая гарантированное опережение противника на поле боя.

4. Критические уязвимости и иллюзии концепции

Реальный военно-технический анализ требует полностью исключить веру в абсолютную неуязвимость «космических войн». Архитектура космического превосходства обладает рядом критических уязвимостей, которые активно эксплуатируются противоборствующими сторонами (Россия, Китай, США в отношении друг друга).

1. Уязвимость наземного сегмента (слабое звено).

Любой спутник жестко привязан к Земле. Ему необходимы фидерные станции управления, центры распределения данных и наземные провайдеры. Физическое уничтожение ключевых наземных узлов связи (телепортов) ракетами большой дальности или успешная **кибератака на программное обеспечение управления** (перехват Uplink-каналов телеметрии) способны мгновенно ослепить орбитальную группировку, превратив ее в грудку бесполезного металла. Именно поэтому оборонное руководство Великобритании и Франции сейчас смещает фокус наступательных киберопераций на защиту софта наземных станций.

2. Функциональное подавление: РЭБ и лазерное ослепление.

Вместо грязного кинетического уничтожения спутников ракетами (что порождает тучи обломков и угрожает собственным аппаратам), ведущие державы делают ставку на методы мягкого функционального поражения:

Радиоэлектронное подавление: наземные и воздушные комплексы РЭБ бьют мощным направленным радиоизлучением по нисходящим каналам связи (*Downlink*), «заливая» шумом приемные тактические терминалы войск на Земле. Это позволяет локально изолировать театр военных действий от спутниковой навигации (GPS/Beidou) и связи.

Лазерное ослепление: использование наземных мобильных или стационарных лазерных комплексов. Направленный на спутник квантовый луч не сжигает аппарат физически, но при пролете ИСЗ над охраняемым объектом намертво ослепляет или физически выжигает матрицы его оптико-электронных и инфракрасных сенсоров (FPA).

3. Синдром Кesslera и экономика избыточности.

Массированное применение противоспутниковых ракет (ASAT) неизбежно вызовет лавинообразное замусоривание околоземного пространства, сделав низкие орбиты (LEO) физически непригодными для полетов на десятилетия.

Главный вывод без иллюзий: В реальной войне 2026 года *Space-Enabled Information Superiority* – это не соревнование «у кого спутник технологичнее», а **битва темпов конвейерного производства и логистической избыточности**. Побеждает не тот блок, чей аппарат обладает максимальным набором функций, а тот, кто в условиях жёсткого противодействия способен выводить на орбиту десятки новых дешёвых микроспутников взамен уничтоженных или заглушенных быстрее, чем противник успевает расходовать средства их нейтрализации.

Реализуемые спутниковые группировки (сводный системный анализ)

Материально-техническая база космического компонента ведущих мировых игроков представлена в следующей таблице:

Страна	Ключевые спутниковые системы	Назначение и техническая специфика	Главные промышленные подрядчики
США	PWSA («Tranche 1/2/3»), милитаризованная сеть «Starshield»	Распределенная мега-группировка на LEO орбитах. Прямая интеграция с тактическими терминалами «Link 16» (<i>MIDS-JTRS</i>) самолётов F-35 и сухопутных сил без промежуточных узлов.	SpaceX, Northrop Grumman, Lockheed Martin, York Space Systems
КНР	Проект GW («Guowang»), семейство разведки «Yaogan», навигация «Beidou» (BDS-3)	Глобальный LEO-интернет (до 13 000 аппаратов) + космическая «сеть поражения» (<i>Space-based Kill Web</i>) для обнаружения и наведения противокорабельных ракет НОАК в реальном времени.	«China Satellite Network Group», государственные исследовательские институты CASC
Франция	«Syracuse IV» (связь), CSO (оптика), CERES (SIGINT)	Полностью независимая суверенная триада. «Syracuse IV» аппаратно защищена от ядерного электромагнитного импульса . Внедряется оборонительная система микроспутников-инспекторов YODA .	«Thales Alenia Space», «Airbus Defence and Space»
Великобритания	«Skynet 6A»/6 WSS, участие в сети DARC	Сверхзащищённое GEO-ядро связи. Интеграция в англо-американо-австралийскую сеть мощных наземных РЛС DARC для непрерывного контроля объектов в глубоком космосе.	«Airbus Defence and Space», консорциум «Team Aurora» («Babcock»)
Германия	SARah (РЛС), COMSATBw-3 (связь)	Технологическое лидерство в активном радарном сканировании Земли. Финансирование программ «быстрого реагирования» (<i>Responsive Space</i>) для оперативного вывода малых ИСЗ.	«Airbus Defence and Space», «OHB System», «Tesat», «My-naric»

Экономика программ и временные ориентиры

Развертывание и поддержание систем космического превосходства требует колоссальных бюджетов и долгосрочного планирования.

1. Объёмы финансирования (в годовом исчислении).

США: абсолютный финансовый гегемон. Годовой бюджет космических сил (USSF) на исследования, разработки и закупки устойчиво превышает **25 – 30 млрд. долларов США**. Развёртывание каждого нового тактического слоя («Tranche») системы PWSA обходится в **1,5 – 3,5 млрд. долларов США**.

КНР: государственные инвестиции жестко закрыты, но экспертные оценки (CSIS) указывают на выделение не менее **3 – 5 млрд. долларов США экв. ежегодно** на оборонные программы ЛЕО-мегагруппировок и систем наведения.

Великобритания: оборонный инвестиционный план (*Defence Investment Plan*) аккумулирует **3,2 млрд. фунтов стерлингов (4,2 млрд. долларов США)** непосредственно на военный космос до 2030 года с долгосрочным обязательством выделения еще **9 млрд. фунтов стерлингов** в период 2030 – 2035 гг.

Франция: в рамках Закона о военном программировании (LPM) финансирование космического компонента (CDE) зафиксировано на уровне **более €6 млрд** на текущий цикл до конца десятилетия.

Германия: выделяет порядка **700 – 900 млн. евро в год** из регулярного военного бюджета и целевого фонда бундесвера (*Sondervermögen*).

2. Сроки и дорожная карта.

Текущий этап (2026 – 2027 гг.): критический операционный узел. США развертывают PWSA «Tranche 1» и контрактуют «Tranche 2» (Beta/Gamma). На орбиту выводится спутник «Skynet 6A» (платформа «Eurostar Neo»). Франция начинает лётные испытания малых боевых спутни-

ков-инспекторов «YODA». Китай переходит к конвейерному кластерному выводу спутников сети «GW».

Перспектива (2028 – 2030 гг.): достижение полной операционной зрелости гибридных сетей. Ввод в эксплуатацию немецкой системы COMSATBw-3 и британской Skynet WSS. Окончательное развёртывание для альянса концепции боевого космического облака (**Alliance Space Cloud Framework**).

Влияние военного конфликта на Украине на реализацию концепции

Ряд основных этапов реализации данной концепции активно задействуется и является одним из ключевых факторов ведения боевых действий.

Однако есть важное техническое уточнение: на Украине применяется не единая монолитная военная система США, а её **гибридный, коммерциализированный аналог**. Поскольку официальная американская военная сеть pLEO (программа PWSA) на момент конфликта всё ещё находится в стадии развёртывания и испытаний, Пентагон и союзники развернули эту концепцию «на лету», заменив чисто военные платформы частными технологическими компаниями.

Схема из 7 шагов (начиная от «Raw Data» до «Action»), показанная внизу инфографики, работает практически в непрерывном цикле:

Стадия 1 и 2: «выдача задания» («Tasking») и «сбор» («Collection»). Коммерческие спутники непрерывно сканируют территорию. Запрос на съёмку конкретного участка фронта или тыла РФ может быть сформирован и отправлен на орбиту в течение нескольких часов.

Стадия 3 и 5: «обработка» («Processing») и «интеграция» («Integration»). Это важнейший этап. «Сырые» данные сотен спутников не анализируются людьми вручную неделями. Они стекаются в единые про-

граммные платформы, где ИИ автоматически накладывает снимки РЛР на оптические, подсвечивая изменения: появление новых окопов, перемещение ПВО или выезд техники из ангаров.

Стадия 4: «связь» («Communication»). Передача гигантских объёмов разведывательных данных из аналитических центров НАТО непосредственно на планшеты командиров и операторов БПЛА на передовой.

Стадия 6 и 7: «решение» («Decision») и «действие» («Action»). Формирование цифровой карты целей. Цикл от момента обнаружения цели спутником до нанесения удара (например, ракетой РСЗО HIMARS или БПЛА-камикадзе) сократился до 3 – 10 минут.

Вместо засекреченных военных спутников на инфографике, в украинском конфликте задействовано коммерческое «боевое облако», состоящее из конкретных платформ:

1. Платформы связи и ретрансляции (замена GEO/LEO слоёв связи).

«SpaceX» STARLINK: абсолютный фундамент всей концепции на Украине. Низкоорбитальная группировка Илона Маска выполняет роль той самой «ячеистой сети» (Mesh-сети). Без терминалов «Starlink», развёрнутых вплоть до уровня «взвод» и на борту морских/воздушных дронов, передача огромных массивов данных ИИ и видео в реальном времени была бы невозможна.

2. Платформы оптической, радиолокационной и тепловой разведки (сенсоры).

«Maxar Technologies» и «Planet Labs» (оптика): десятки аппаратов ежедневно передают высокодетальные снимки позиций.

«Capella Space» и «ICEYE» (РЛР): дают возможность видеть технику сквозь плотную облачность, туман и в абсолютной темноте (на схеме это блок «SAR Imagery»). Украина даже выкупила один из спутников «ICEYE» в единоличное пользование.

«Spire Global» (радиотехническая разведка): перехватывают сигналы РЛС, радий и систем навигации, помогая вскрывать позиции ПВО противника.

3. Платформы анализа и граничных вычислений (бортовой/наземный ИИ).

«Palantir» (системы «Gotham» и «MetaConstellation»): основной «мозг» всей операции со стороны ВС Украины. Программы «Palantir» объединяют (*Data Fusion*) потоки данных от коммерческих спутников, коммерческих БПЛА, тепловых датчиков NASA (фиксирующих артиллерийские дуэли), радиоперехватов и даже чат-ботов, куда гражданские скидывают фотографии техники. ИИ мгновенно обрабатывает терабайты информации и выдает готовые координаты целей артиллеристам.

Платформы «Edge AI»: компании вроде «Palantir» уже тестируют микропрограммы ИИ прямо на борту некоторых коммерческих спутников (программа «*Palantir Edge AI*»). Спутник отсекает пустые снимки облаков и отправляет вниз только координаты обнаруженного танка.

Концепция **полностью жизнеспособна и прямо сейчас проходит обкатку в реальных боевых действиях.** Конфликт на Украине показал оборонному сектору США, что распределенная сеть из тысяч дешевых коммерческих спутников и мощного ИИ гораздо эффективнее, живучее и быстрее, чем старая доктрина, полагавшаяся на несколько огромных и дорогих военных аппаратов.

Стратегические выводы для программ НИОКР предприятий ВПК и развития сил и средств РЭР

Анализ архитектуры «*Space-Enabled Information Superiority*» и её графической модели позволяет сформулировать конкретные технические задания для перспективных научно-исследовательских и опытно-

конструкторских работ (**НИОКР**) оборонно-промышленного комплекса (**ВПК**), а также определить векторы модернизации средств радиоэлектронной разведки (**РЭР**).

Направления НИОКР для предприятий ВПК: технологические приоритеты. Опора на большие, единичные спутники связи и разведки экономически и тактически несостоятельна. Конвейерное производство малых космических аппаратов (МКА) требует перестройки технологической базы по следующим направлениям:

А. Перенос ИИ на бортовые полупроводниковые платформы («Edge AI»).

Техническое задание: разработка отечественных радиационно-стойких нейроморфных процессоров и тензорных ядер (TPU/NPU) для установки непосредственно на космические аппараты низкоорбитальных созвездий.

Цель: перенос 90% вычислительной мощности алгоритмов распознавания образов и фильтрации шумов с наземных суперкомпьютеров на борт спутника. Создание систем «*Data Fusion*» «на кристалле» для мгновенного слияния данных радарного (SAR) и ИК-диапазонов до момента отправки сигнала вниз.

Целевой показатель: сокращение времени бортовой селекции целей и формирования тактического вектора целеуказания до **<15 секунд** с момента фиксации сенсором.

Б. Развитие лазерных коммуникационных систем (OISL).

Техническое задание: создание суверенных лазерных терминалов межспутниковой связи (LCT), способных работать в условиях динамических маневров спутников на LEO-орбитах.

Цель: замещение уязвимого радиочастотного межспутникового обмена. НИОКР должны быть сфокусированы на высокоточных системах позиционирования и наведения лазерного луча (микрорадиановые углы расхо-

димости), а также на создании быстродействующих приёмо-передающих оптических матриц.

Целевой показатель: устойчивая межспутниковая пропускная способность не менее **40 – 100 Гбит/с** на расстояниях до 4000 км в вакууме.

В. Концепция «Responsive Space» («Спутники быстрого развёртывания»).

Техническое задание: разработка унифицированных космических микроплатформ (массой до 100 – 150 кг) со сменной полезной нагрузкой (оптика, РЛР, РЭР) и лёгких мобильных ракет-носителей для них.

Цель: способность ОПК экстренно восполнить потери орбитальной группировки в угрожаемый период. Переход от штучной сборки ИСЗ к конвейерному производству с открытой архитектурой программно-определяемых модулей.

Целевой показатель: время от получения команды до сборки, интеграции полезной нагрузки и вывода аппарата на заданную LEO-орбиту должно составлять **не более 24 – 48 часов**.

Г. Адаптивные гибридные модемы для наземных потребителей.

Техническое задание: Создание тактических программно-определяемых модемов (SDR) с поддержкой алгоритмов динамического псевдослучайного изменения частоты (FHSS) для диапазонов **Ka/X/Ku**.

Цель: Обеспечение связи в движении (*Satcom-on-the-Move*) для бронетехники и пунктов управления в условиях работы сверхактивных комплексов подавления противника. Модем должен автоматически переключать каналы между GEO, LEO и гражданскими частотами без потери пакетов данных.

Задачи и модернизация сил и средств радиоэлектронной разведки (РЭР). Появление многоуровневых лазерно-радиочастотных сетей связи противника кардинально меняет ландшафт радиоэлектронной борьбы и развед-

ки. ***Классический перехват радиосигналов на GEO-орбитах становится вспомогательным элементом.***

1. Расширение частотного диапазона перехвата.

Приоритет: сдвиг рабочих частот комплексов РЭР в миллиметровый диапазон. Основной массив тактической информации LEO-созвездий («PWSA», «Starshield», «GW») транслируется на частотах **Ка- (26 – 40 ГГц)** и перспективного **V-диапазона (40 – 75 ГГц)**.

Реализация: развёртывание широкополосных комплексов РЭР наземного и авиационного базирования с цифровым диаграммообразованием, способных фиксировать кратковременные всплески направленных остро-конечных лучей со спутников LEO на подвижные терминалы.

2. Конвергенция РЭР и киберопераций.

Приоритет: вскрытие структуры пакетов данных бортовых процессоров (*Onboard Processing*). Перехватить лазерный луч в космосе невозможно, но наземные станции сопряжения (Gateway) и фидерные линии связи излучают огромные массивы радиочастотной энергии.

Реализация: средства РЭР должны осуществлять не просто радиоперехват, а внедряться в каналы обмена телеметрией для анализа алгоритмов ИИ противника. Задача – выявление признаков пересчёта полётных заданий созвездий противника (*Priority Tasking*) и перехват декомпрессированных данных до их поступления в штабы.

Внедрение результатов данных НИОКР позволит предприятиям ОПК перейти от «*догоняющей модернизации*» к созданию **архитектуры асимметричного противодействия**, где высокая плотность средств РЭР и киберподавления наземного сегмента нивелирует численное преимущество распределённых космических созвездий противника.

Таким образом, современное информационное превосходство противника, юридически закрепленное в «Joint Publication 3-14» и технически реализованное в группировках «PWSA» и «Starshield», полностью опирается на связку бортового ИИ и лазерной маршрутизации трафика.

Для отечественного ОПК и сил РЭР это означает полный отказ от устаревшей парадигмы РЭБ «поставить мощную помеху в радиоэфире».

Перспектива оборонной промышленности – это **создание комплексов квантовой лазерной разведки бокового рассеяния, систем миллиметрового спуфинга АТР-процессов наведения лазерных пушек и разработка алгоритмов когнитивного обмана бортовых нейросетей противника.** Космическая лазерная сеть должна быть не просто заглушена, она должна быть ослеплена и дезинформирована.

Список используемых источников:

1. <https://www.csis.org/analysis/what-space-superiority>
2. https://www.mitchellaerospacepower.org/app/uploads/2025/12/63_Cross-Domain-Space-Ops-FINAL.pdf
3. https://tsargrad.tv/slovo/davajte-vykljuchim-starlink_1833589
4. <https://www.sirotinintelligence.com/space-superiority-doctrine-emerges-analyzing-the-us-space-forces-space-warfighting-framework-and-global-implications/>
5. <https://grc-usmcu.libguides.com/JADO/doctrine>
6. <https://www.executivegov.com/articles/updated-joint-doctrine-establishes-spacecoms-offensive-defensive-space-operations>
7. <https://breakingdefense.com/2023/10/exclusive-new-joint-force-space-doctrine-clarifies-space-commands-offensive-defensive-ops/>
8. [https://www.spaceforce.mil/Portals/2/Documents/SAF_2025/Space_Warfighting_-_A_Framework_for_Planners_BLK2_\(final_20250410\).pdf](https://www.spaceforce.mil/Portals/2/Documents/SAF_2025/Space_Warfighting_-_A_Framework_for_Planners_BLK2_(final_20250410).pdf)
9. <https://satnews.com/2026/07/15/space-development-agency-awards-1-75-billion-for-36-additional-missile-tracking-satellites/>
10. https://csps.aerospace.org/sites/default/files/2025-10/USAF_AFDP_3-14_Space_Support_281_April_202529.pdf
11. <https://grc-usmcu.libguides.com/JADO/doctrine>
12. <https://www.airandspaceforces.com/report-space-force-spacecom-support-superiority/>
13. <https://www.japcc.org/articles/space-domain-a-global-vision/>
14. https://www.spacecom.mil/Portals/57/Limoge_GCPME_2024_Enabling_Rapid_Surge_Space_Capabilities.pdf
15. <https://www.l3harris.com/newsroom/press-release/2025/12/space-development-agency-awards-l3harris-843-million-contract>

16. <https://spaceflightnow.com/2025/12/20/space-development-agency-awards-roughly-3-5-billion-to-4-companies-for-72-missile-tracking-and-warning-satellites/>
17. <https://breakingdefense.com/2023/08/northrop-lockheed-win-combined-1-5b-for-sda-low-earth-orbit-data-network/>
18. <https://www.sda.mil/sda-issues-request-for-information-for-future-space-to-air-optical-communication-terminals/>
19. <https://www.airandspaceforces.com/sda-tranche-3-new-missile-tracking-defense-satellites/>
20. <https://payloadspace.com/sda-awards-tranche-2-tracking-layer-contracts/>
21. <https://satnews.com/2026/07/15/space-development-agency-awards-1-75-billion-for-36-additional-missile-tracking-satellites/>
22. <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/12/4552>
23. <https://www.ixbt.com/news/2026/04/20/esa-18-6.html>
24. <https://techora.ru/news/lockheed-martin-sozdast-zashchishchennuyu-orbitalnuyu-svyaz-2026-08-16>
25. <https://pikabu.ru/tag/%D0%B2%D0%BE%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5%D1%81%D0%BF%D1%83%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8,%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8/hot?page=10>
26. <https://www.airbus.com/en/newsroom/press-releases/2025-05-airbus-next-generation-skynet-satellite-reaches-major-milestone>
27. <https://www.iai.co.il/news/information-superiority/>
28. <https://blacksky.com/how-decision-makers-obtain-a-strategic-edge-with-space-based-intelligence/>
29. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S246889672600087X>
30. <https://flypix.ai/types-of-satellites/>
31. <https://maxpolyakov.com/ru/bolshoj-rynok-kroshechnyh-sputnikov-kak-kubsaty-menyayut-industriyu-newspace/>

32. <https://www.ixbt.com/news/2026/05/31/kitaj-sozdal-skynet-ii-iz-kosmosa-analiziruet-obstanovku-na-zemle-i-sam-iniciiruet-otvetnye-dejstvija-bez-uchastija.html>
33. <https://requtech.com/satellite-communication/>
34. <https://www.ixbt.com/news/2026/04/20/esa-18-6.html>
35. <https://www.l3harris.com/all-capabilities/space-development-agencys-proliferated-warfighter-space-architecture-program>
36. <https://www.spaceintelreport.com/spacex-to-launch-4-sda-satellites-with-caci-laser-terminals-with-2-missile-defense-agency-tracking-spacecraft/>
37. <https://www.thalesgroup.com/>
38. <https://www.airbus.com/en/products-services/space>
39. <https://www.ifri.org/en/studies/mapping-miltech-war-eight-lessons-ukraines-battlefield>
40. <https://cetas.turing.ac.uk/publications/role-space-domain-russia-ukraine-war>
41. <https://www.sda.mil/>
42. <https://www.hybridcoe.fi/wp-content/uploads/2023/01/20230109-Hybrid-CoE-Working-Paper-21-Space-and-the-Ukraine-war-WEB.pdf>
43. <https://spacenews.com/space-development-agency-adjusts-satellite-procurement-strategy/>
44. <https://cetas.turing.ac.uk/publications/role-space-domain-russia-ukraine-war>
45. <https://lieber.westpoint.edu/imagery-targeting-commercial-satellite-support-war/>
46. <https://vgi.com.ua/en/palantir-in-ukraine-how-ai-is-reshaping-the-modern-battlefield/>
47. <https://vantor.com/blog/the-game-changing-role-of-commercial-spatial-intelligence-in-ukraine/>

48. <https://indepthnews.net/software-on-the-front-line-how-palantir-is-aiding-ukraine-in-its-war-with-russia/>
49. <https://www.newgeopolitics.org/2026/01/24/the-battlefield-in-orbit-military-space-technologies-and-the-war-in-ukraine/>
50. <https://ge.usembassy.gov/how-ukraine-and-u-s-tech-firms-build-for-the-future/>
51. <https://payloadspace.com/six-months-ukraine-war/>
52. <https://www.cigionline.org/articles/commercial-satellites-deployed-in-ukraines-defence/>
53. <https://www.aspistrategist.org.au/ukraine-and-the-middle-east-teach-the-indo-pacific-about-the-new-space-wars/>