

# SKYNET

## ГЕОСТАЦИОНАРНАЯ АТМОСФЕРНАЯ СЕТЬ



GYRO  
nautica

00010111010110  
000101101101011  
110010101100001  
011100101101010  
100100101000001  
010010010111010  
100101001010101

FORUM.  
DIGITAL

6G

# SKYNET

ГЕОСТАЦИОНАРНАЯ АТМОСФЕРНАЯ СЕТЬ

27.07.2023

GYRONAUTICA CEO Кузиков Сергей

Measuring the Information Society Report  
#ITUdata

ITU

# «ВНЕ ДОСТУПА»

80% ТЕРРИТОРИЙ  
ПОЛОВИНА ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

51%  
49%

ОБОСТРЕАЕТСЯ  
«ЦИФРОВОЕ НЕРАВЕНСТВО»  
МИРОВАЯ ПРОБЛЕМА

Cell Tower Distribution

2

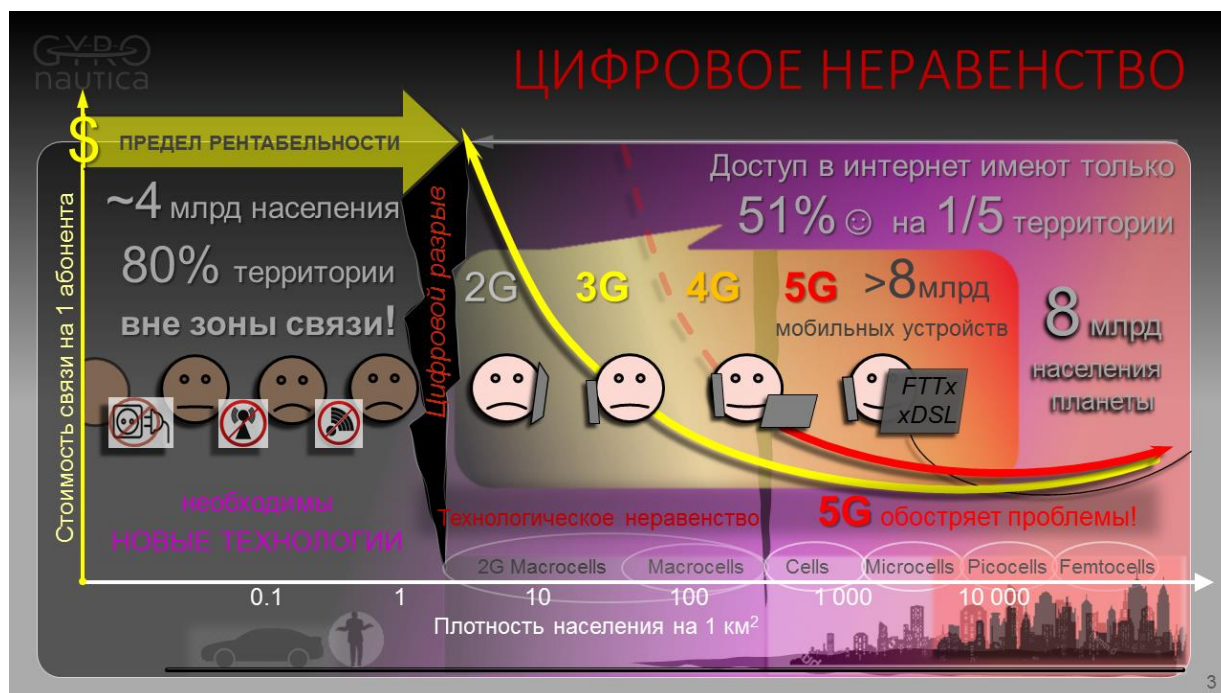
ПОЧЕМУ БУКСУЕТ РАСШИРЕНИЕ ЗОНЫ ПОКРЫТИЯ?

## ПРОБЛЕМА «ЦИФРОВОГО РАЗРЫВА»

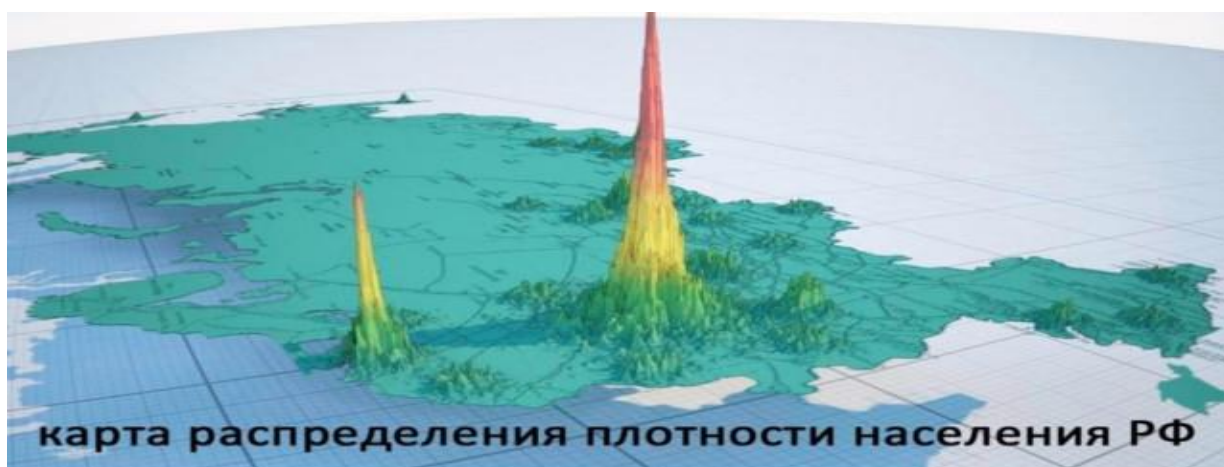
Наземные технологии связи смогли дать доступ в Интернет лишь половине человечества на 1/5 поверхности суши. Можно ещё подождать, но с каждой сменой поколений сотовой связи 3G, 4G, 5G, падают темпы расширения зоны покрытия мобильным широкополосным доступом (МШПД). 5G не имеет шансов выйти из локальных пятен в центрах мегаполисов.

С падением плотности абонентов, с отдалением от магистральных каналов, от надёжных источников энергии, резко возрастает стоимость покрытия связи. Когда она упирается в предел платёжеспособности возникает проблема - «**Цифровой разрыв**».

В современной экономике, опирающейся на информационные технологии, данная мировая проблема неизбежно влечёт тяжёлые социальные и политические последствия.



Остро проблема покрытия связью стоит в России, 2/3 территории имеют плотность населения менее 3 чел/км<sup>2</sup> вдали от каналов связи и надёжного энергоснабжения. **3/4 территории страны исключены из полноценной хозяйственной деятельности.** Внутри России обостряется мировая проблема «**Цифрового неравенства**».



**ВЫВОД №1.** России и миру необходимы экономически эффективные, энергетически автономные **новые технологии** покрытия мобильной связью обширных территорий с низкой плотностью абонентов вдали от магистральных каналов связи.



## СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ СВЯЗИ (ССС)

Выше всех пролетают космические аппараты (КА), искусственные спутники Земли. Спутники накрываются гигантские зоны, но не в состоянии их покрыть МШПД. Суровые законы физики и экономики оставляют им сегменты ТВ-вещания и телефонии над морем. **До орбиты сигнал телефона сотовой связи не доходит**, даже 2G, даже при самых благоприятных метеоусловиях на открытой местности. Если спутниковая телефония – связь через громоздкий аппарат по высоким тарифам, то широкополосный доступ в сеть через космический ретранслятор сложнее и дороже, возможен через абонентскую аппаратуру с крупногабаритными узконаправленными антеннами (фиксированными для GEO, управляемыми ФАР для LEO) при условии, когда абонент и станция наземной инфраструктуры, подключённая к кабельным каналам связи, находятся в зоне покрытия одного орбитального ретранслятора. Лазерные каналы между КА не реализованы.

Проекты спутникового МШПД – проекты спасения ракетно-космических программ. *SpaceX: Starlink (42 000 LEOsat + >1 000 000 станций наземной инфраструктуры) > \$10b.* *Роскосмос: «Сфера» (640 КА «Гонец» для 10М абонентов 9.6...64 Kbps) = 2.8–1.4 трлн руб!*

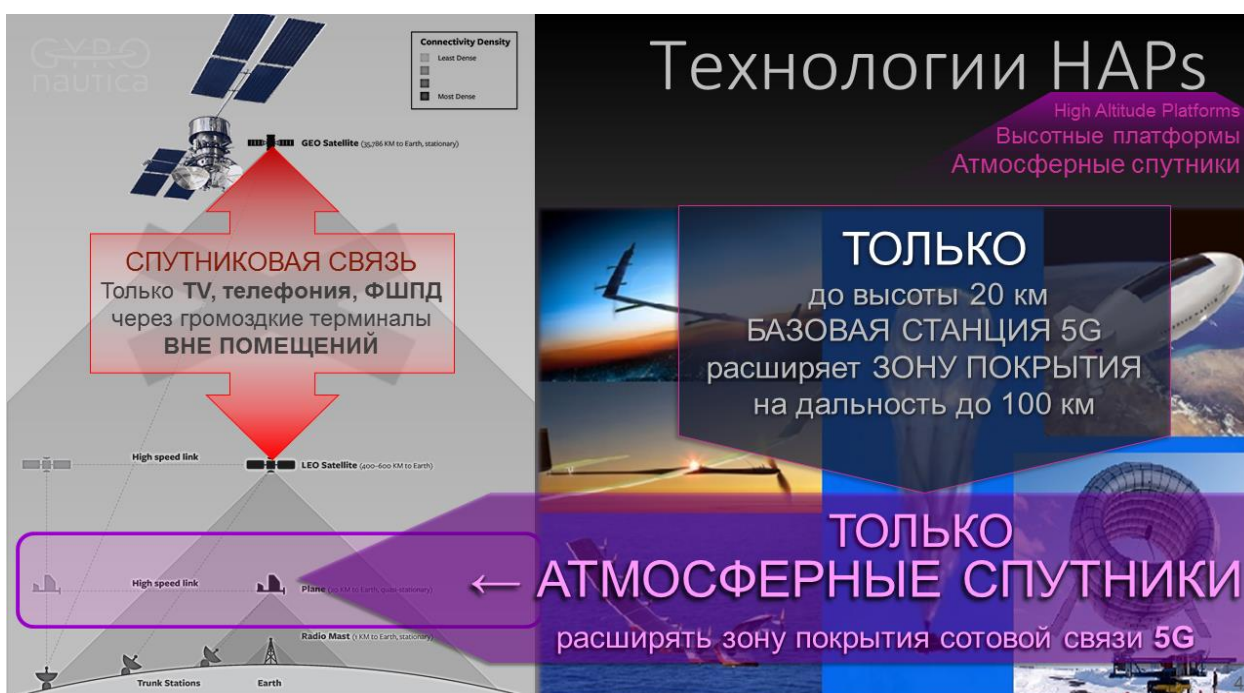
Проекты глобальных систем подъёма и поддержания многотысячных группировок низкоорбитальных КА над густой сетью миллионов наземных станций коммерчески бесперспективны! Без космических гос.затрат (от армии и флота) их ждёт банкротство, как уже всех операторов спутниковой телефонии.

**ВЫВОД №2.** Производить космический мусор экономически и экологически ОПАСНО.

## АТМОСФЕРНЫЕ СПУТНИКИ

HAPS – High-Altitude Platform Station / High-Altitude Pseudo-Satellite высотные платформы, атмосферные спутники. Атмосферные спутник, псевдоспутник, Atmosat, Ballonsat, Geostationary ballon satellite (GBS) - маркетинговые термины для летательных аппаратов, работающих в атмосфере на больших высотах в течение длительного времени, предоставляющие услуги, обычно представляемые искусственными спутниками Земли.

**Бум многочисленных проектов HAPS (атмосферных летающих радиоретрансляторов, способных раздавать 3G) зачат с актуальностью поколения связи. Базовым станциям 4G, 5G, 6G необходим оптоволоконный канал в единую сеть.**



МШПД мобильный широкополосный доступ – связь в высокочастотных диапазонах в прямой радиовидимости. Современный стандарты сотовой связи 5G / IMT-2020 допускает максимальную дальность до 100-130 км от базовой станции. Только подъём базовой станции (БС) в атмосфере увеличивает зону покрытия прямой радиовидимости, сотовой связи без абонентских терминалов и громоздких антенн. Подъём БС до высоты 15-20 км увеличивает радиус зоны прямой видимости с учётом необходимого угла возвышения и рельефа местности. Подъём выше 20 км начинает сокращать площадь пятна покрытия.

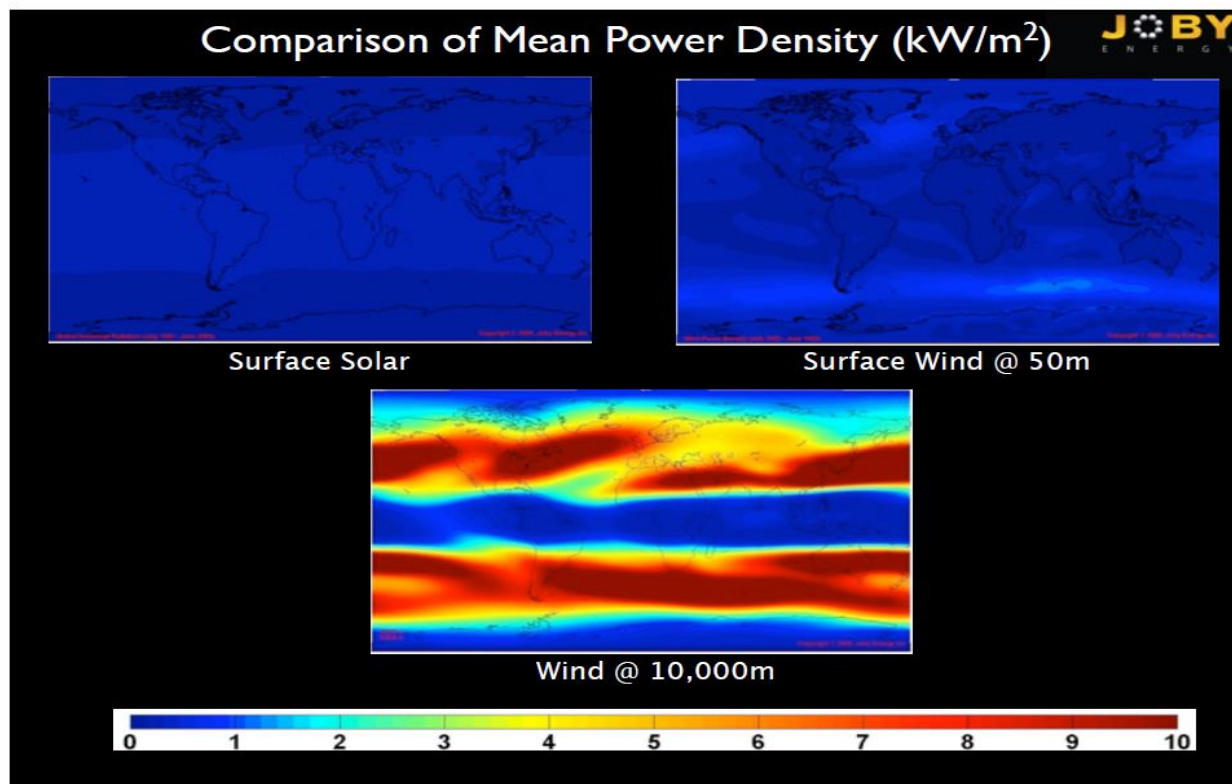
**ВЫВОД №3.** Расширить зону покрытия, сократить стоимость покрытия сотовой связи 5G способны только базовые станции с оптоволоком, поднятые до высот 10-20 км.

## ЭНЕРГЕТИКА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

Панели солнечных батарей - традиционный источник энергии атмосферных спутников, и аэродинамических, и аэростатических, но в отличие от космических аппаратов атмосферным спутникам требуется многократно больше энергии для полёта, удержания на высоте в зоне дежурства, на постоянную борьбу с мощным высотным ветром. Но, если орбитальные спутники заходит в тень земли на короткое время, атмосферным спутникам приходится держаться на аккумуляторных батареях большую часть суток.

Низкий КПД солнечных батарей <20%, невозможность развернуть панели к низкому Солнцу, большие затраты энергии на удержание в разряжённых слоях стратосферы, на борьбу с ветром -90%, тяжёлые АКБ, всё факторы приводят к большим массам, гигантским размерам, высокой стоимости летающего ретранслятора.

Технологии с солнечными панелями не работают в умеренных и высоких широтах России с низким Солнцем, даже летом. Ни один летательный аппарат не способен поднять топлива или АКБ на полярную ночь.

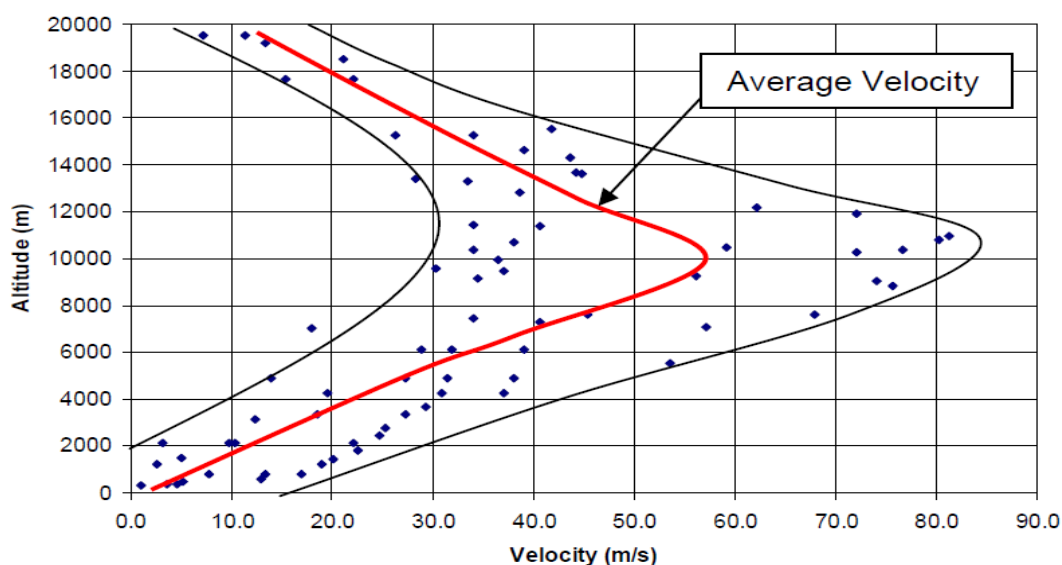


**ВЫВОД №4.** Нерационально пытаться собирать слабую солнечную энергию для борьбы с на порядок более мощным высотным ветром.

## ВЫСОТНЫЙ ВЕТЕР

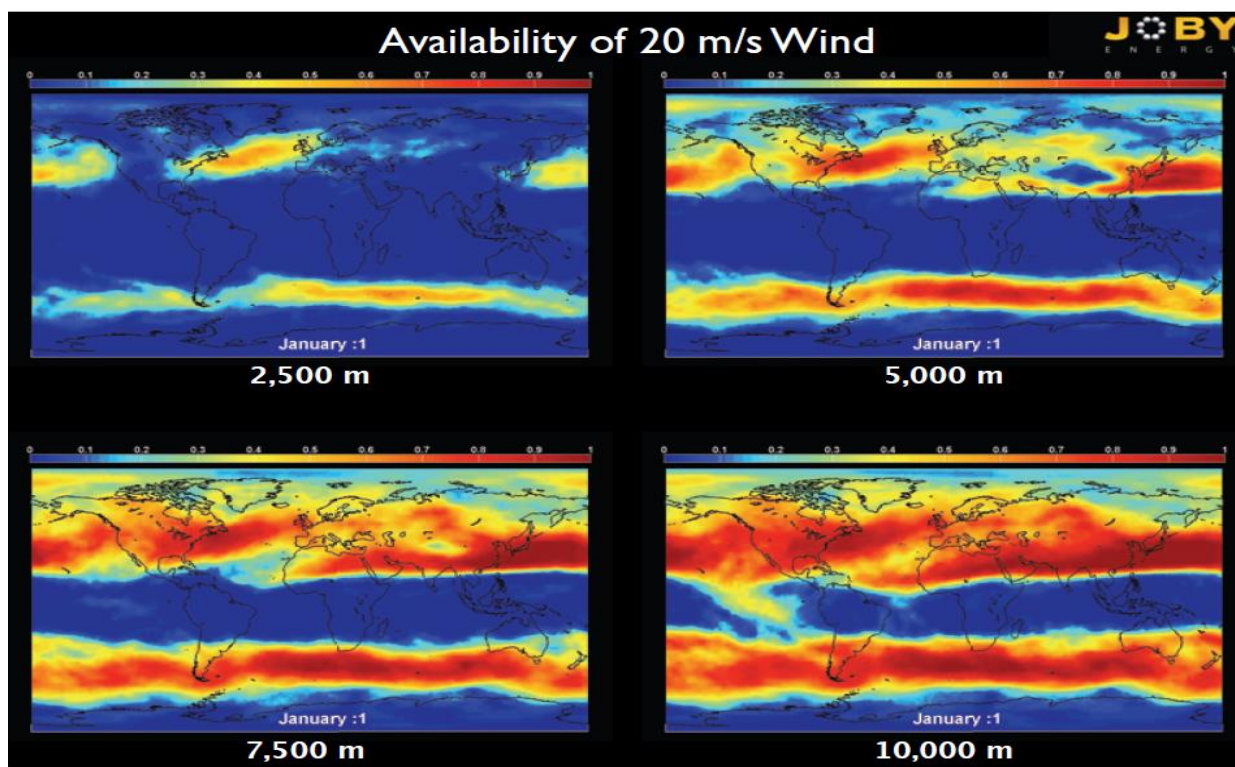
С подъёмом в тропосфере растёт стабильность и средняя скорость ветра, макс. значений 30...80 м/с ветер достигает в тропопаузе, на границе тропосферы и стратосферы.

### Wind Velocity Vs. Altitude



Самые сильные ветровые потоки — это высотные струйные течения, глобальные ветра с запада на восток, полярные на высоте 9...12 км и субтропические на 10...16 км. В высотных струйных течениях зафиксирована скорость ветра ~400 км/ч. Выше тропопаузы в стратосфере скорость ветра плавно снижается до локального минимума на 20...23 км.

Высотный ветер — надёжный источник чистой энергии высокой плотности мощности в среднем 10...30 кВт/м<sup>2</sup> с малыми суточными и сезонными колебаниями. Глобальный ресурс для широт от 15°...80°, где проживает более 85% населения планеты. Стабильных высотных ветров нет только над полюсами и над экватором.



**ВЫВОД №5.** Высотный ветер - мощный глобальный источник энергии, единственный надёжный ресурс в Сибири и Арктике на высоте 10...15 км.



## ВЫСОТНАЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА

Энергию высотного ветра способны взять только **привязные** аэродинамические аппараты. Попытки дотянутся до высотных ветров привязными летающими ветрогенераторами на традиционных несущих роторах, с целью качать энергию по кабелю на землю, предпринимались с конца 20 века несколькими командами. Выше всех пытались подняться два проекта летающих ветрогенераторов Sky WindPower и Baseload Energy крупными квадрокоптерами на несущих винтах. Проекты столкнулись с проблемами.



Подъём тяжёлого силового электропроводного кабеля технически сложен, несёт фатальную угрозу атмосферного разряда.

Проблемы традиционные несущих винтов:

1. Низкое аэродинамическое качество  $K=Cy/Cx$  (отношение подъёмной силы к сопротивлению) даёт малый угол возвышения в полёте на лее.
  2. Низкая прочность, малый ресурс, вибрация не позволяет работать в многороторной схеме.
  3. Фиксированная геометрия жёстких лопастей винта оптимальна лишь для одного режима.
- Привязной высотной платформе необходимы ТРИ принципиально разных режима:

- вертолётный взлёт,
- набор высоты на авторотации,
- режим ветрогенератора.

Соответственно три разных направления потока через диск ротора, три разных шага, три разные геометрические кривые лопастей.

## ВОЗДУШНОЕ КОЛЕСО

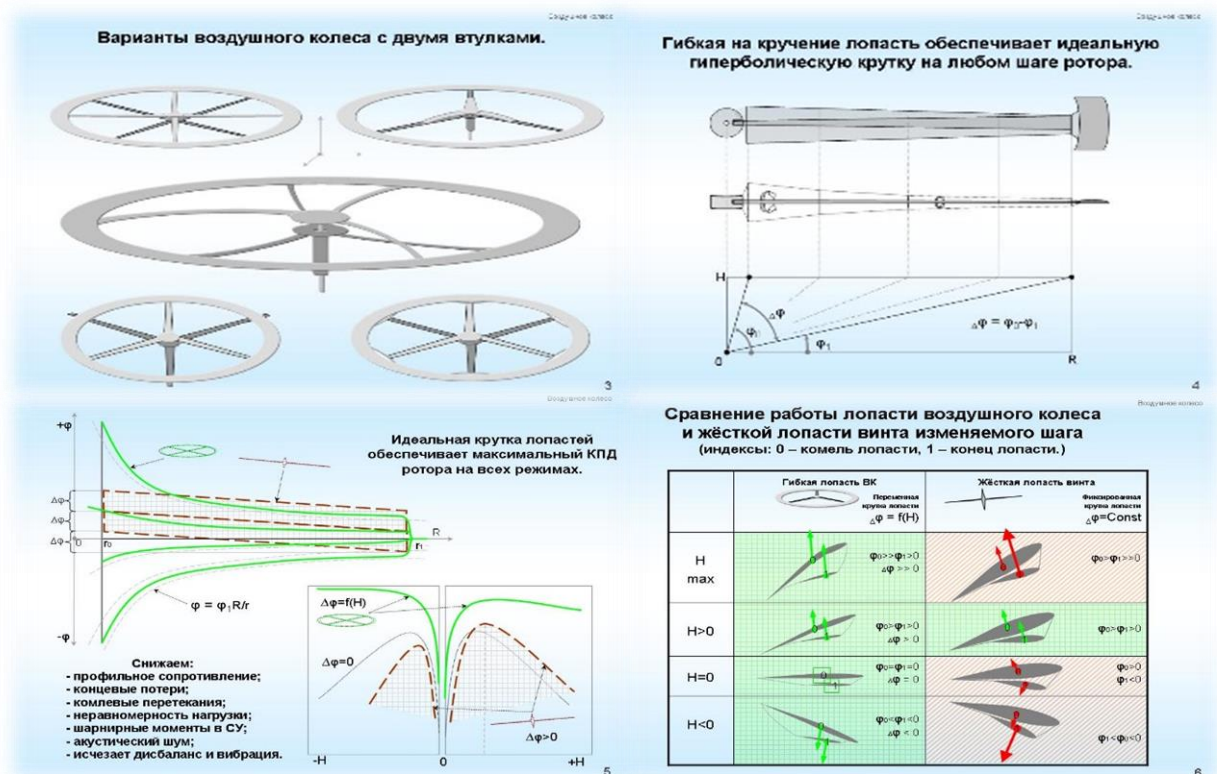
В основе новой технологии лежит инновационный ротор «Воздушное колесо». Воздушное колесо (ВК) – гибрид несущего винта и замкнутого крыла, сочетающее и усиливающее достоинства элементов в едином гармоничном роторе. Внешнее замкнутое крыло, натянутое центробежными силами, выполняет одновременно несколько функций:

- ✓ Аэродинамический несущий элемент – тонкое крыло большого удлинения, с минимальным профильным сопротивлением и высоким аэродинамическим качеством  $K > 20$ , устраняющее концевые индуктивные потери лопастей и шум.
- ✓ Силовой элемент, дающий опору концам лопастей, снимающий нагрузку с втулки и системы управления, обеспечивающий большой ресурс ротору.
- ✓ Маховик с максимальным моментом инерции и прямым приводом к лопастям.
- ✓ Гироскоп, стабилизирующий аппарат и реагирующий на внешние возмущения.
- ✓ Ротор прямого электрического привода, двигателя, генератора, опоры, ...

Высокая структурная прочность воздушного колеса с двумя разнесёнными втулками позволяет выдерживать мощный высотный ветер при минимальной массе. Воздушное колесо жёсткое в плане, сохраняет баланс, устраняются причины вибрации - родового проклятия винтокрылых летательных аппаратов.

Уникальное качество ротора ВК — предельно высокий КПД в широком диапазоне изменения общего шага, в 3 разных режимах по направлению потока через диск ротора: в вертолётном режиме, на авторотации, в режиме ветроколеса. Лопасти ВК принципиально отличаются от жёстких вертолётных лопастей, они адаптивные, упругие на кручение, натянуты между ободом и втулкой, имеют эффективный аэродинамический профиль.

Переменная упругость на кручение вдоль лопасти обеспечивает идеальную гиперболическую крутку лопасти и равномерную нагрузку на диск ротора, при любом шаге, в широком рабочем диапазоне.



За последние годы проведён цикл НИОКР изучения аэродинамики роторов ВК. Новые аэродинамические эффекты обнаружены экспериментально на стендах и подтверждены на летающих моделях. Материалы исследований описаны, представлены в ФГУП ЦАГИ им. Н. Е. Жуковского в 2019 году для углублённого изучения, точного измерения и экспертного заключения по сути проекта.

Воздушное колесо – эффективные несущие роторы изменяемого общего шага имеют широкий диапазон масштабирования размеров для широкого спектра летательных аппаратов от миниатюрных, до крупных, с массой ПН в сотни килограммов.

Новые технические решения защищены действующими патентами на группу изобретений России, США, Канады, Китая, Евросоюза.

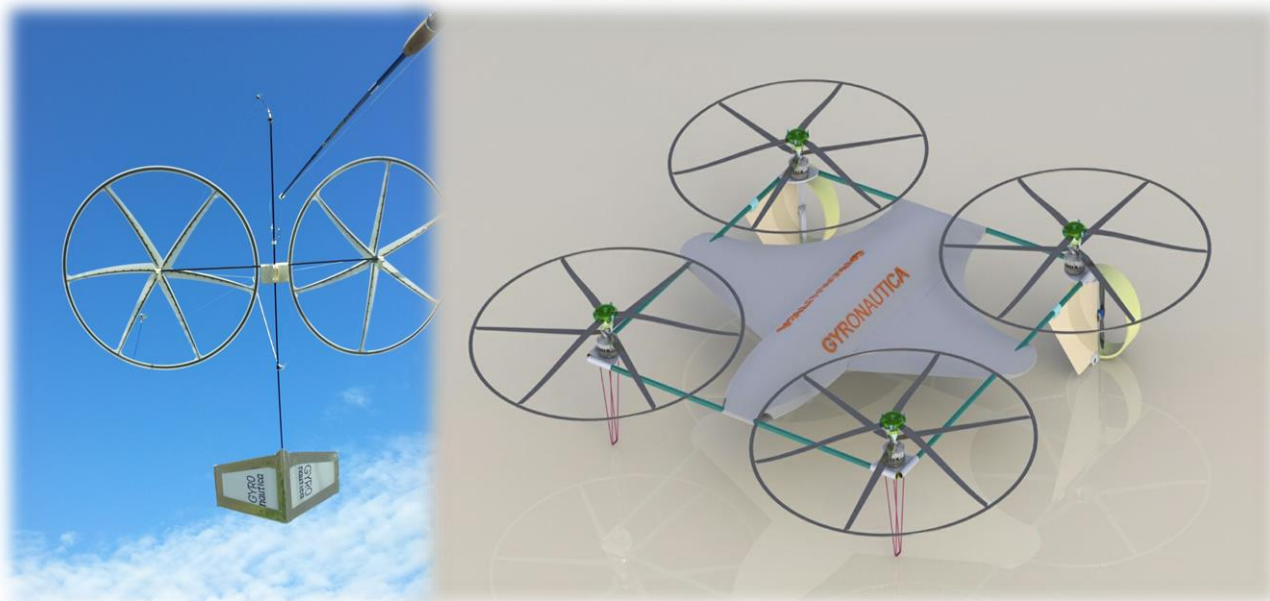
## GYROKITE (ГИРОКАЙТ)

На роторах ВК реализуется энергетически автономный привязной аэродинамический гиросtabilизированный летательный аппарат вертикального взлёта и вертикальной посадки — gyrokite (гирокайт, гирозмей).

**Гироканйт** – гибрид мультикоптера, автожира и воздушного змея, как мультикоптер имеет вертикальный взлёт и несколько прочных несущих воздушных колёс с управляемым общим шагом, использует авторотацию аналогично привязным автожиром (rotorkite), как воздушный змей висит на привязи имеет несущий корпус, летающее крыло. Конструктивно гироканйт может быть реализован по двухроторной или многороторной схеме, где реактивные моменты роторов противоположного вращения взаимно компенсируются, и в вертолётном режиме и режиме ветротурбины.

**ВЫВОД №6.** Только привязные аэродинамические аппараты на структурно прочных несущих роторах Воздушное колесо способны взять энергию высотных ветровых потоков.

На летающих моделях демонстраторов технологии отработаны аэродинамически устойчивые схемы привязных многороторных летательных аппаратов. Привязной гирокэйт двухроторной поперечной схемы демонстрирует устойчивый полёт на леере имеет автоматическую аэро- и гиро-динамическую стабилизацию в турбулентном потоке.



**GYROKITE** аэродинамические привязные летательные аппараты, использующие энергию ветра для подъёма и питания полезной нагрузки, с широким диапазоном масштабирования, свободные от регламентов БВС.



❖ энергетически автономная & экологически чистая технология  
свободная от ограничений БВС

4

Уникальные качества гирокэята – всепогодность, неограниченное время полёта на больших высотах, возможность собирать энергию ветра несущими роторами для питания полезной нагрузки, автоматическое следование на привязи за владельцем (транспортным средством, судном). Высокое аэродинамическое качество несущих роторов Воздушное колесо обеспечивает большой угол возвышения. Для набора высоты и полёта при слабом ветре гирокэйт способен увеличивать площадь сбора энергии ветрового потока, совершает полёт широкими галсами поперёк ветра. Максимальная высота полёта гирокэята до 15 км, ограничена длиной тонкого прочного диэлектрического леера (СВМПЭ, Dyneema®, ...). Оптоволокно обеспечивает надёжный закрытый канал передачи данных.



Видеомониторинг в реальном времени с фиксированной базы радикально сокращает **объём информации** для передачи, обработки и хранения. Принципиальное отличие от съёмки с подвижной базы (порождающей гигантские потоки фрагментированных **данных** низкого качества) полный контроль нижней полусферы с фиксированной базы даёт **качественную информацию** минимального объёма с геодезической привязкой, с автоматическим выделением подвижных объектов в реальном времени. Автоматизируются поисково-спасательные работы, охрана объектов, границ. Возможен контроль ЧС, событий и процессов в динамике (цейтраферная видеосъёмка, таймлапс) строительства объектов, развитие с/х культур, добычи ресурсов, контроль вырубки лесов, расширение зон подтопления, рост зон свалок, мерзлотные пучения, ...

## GYROKITE технология НЕПРЕРЫВНОГО ВЫСОТНОГО ВИДЕОМОНИТОРИНГА

[энергетически автономная](#), [экологически чистая](#), [экономически эффективная](#).



Альтернативные технологии **ДЛИТЕЛЬНОГО ВИДЕОМОНИТОРИНГА**, (аэродинамические и аэростатические на привязном силовом кабеле) пытаются бороться с ветром, ограничены высотой подъёма, **грозоопасны**, высокочеловечески затратны, требуют топливную логистику, обслуживающий персонал.



Критерий	GYROKITE	МУЛЬТИКОПТЕРЫ на кабеле	Привязные АЭРОСТАТЫ
Длительность мониторинга	сутки / МЕСЯЦЫ / годы	ЧАСЫ / сутки	часы / СУТКИ / недели
Высота подъёма	✓ до 14 000 м	до 100 м	до 200 (900) м
Всепогодность / Ветер	✓ Всепогоден / <50 м/с	⚡ до 15 м/с	⚡ до 15 (20) м/с
Чистый источник энергии	✓ Высотный ветер	✗ Топливо / сеть ⚡	✗ Топливо / сеть ⚡
Автоматика / персонал	✓ Автоматический	👤 / ? ✓	👤👤 + Газ (He, H <sub>2</sub> )
Стоимость летного времени	✓ <5 %	100 %	150 - 200 %

## ЮРИДИЧЕСКАЯ ЧИСТОТА ТЕХНОЛОГИИ

Документы, регламентирующие использование воздушного пространства в России Воздушный кодекс (ВК РФ) и Правила использования воздушного пространства (ПИ ВП) регулируют полёты воздушных судов, подъёма привязных аэростатов, при этом никак не ограничивают использование **привязных аэродинамических летательных аппаратов - воздушных змеев**, ни по массе, ни по высоте, ни по времени, ни по месту подъёма. Гирокайт – воздушные змеи с ВВП, с системой управления и безопасного спуска на площадку обслуживания с заданными координатами.

Деревья, здания, вышки, воздушные змеи, все привязные аэродинамические летательные аппараты, фактически, **не перемещаются в воздушном пространстве**, по определению ВКРФ и ПИВП **не являются пользователями воздушного пространства**. Ужесточение законодательства и регламента использования БВС в России (и др. странах) одновременно с либеральными правилами по отношению к привязным (аэростатическим и аэродинамическим) платформам вызывает повышенный интерес на такие системы для **широкого свободного частного и коммерческого использования**: высотной съёмки, непрерывного мониторинга территорий, ретрансляции, телекоммуникаций.

Речные бакены и буи не мешают судоходству. Дорожные знаки, указатели, столбы освещения, разграничители транспортных потоков необходимы для организации дорожного движения. **Привязные высотные платформы** покрытия ВП мобильной связью 5G, точной навигацией, метеоконтроля тропосферы, с сигнальными огнями, отражателями на леере, с системой ADS-B (A3N-B) - **необходимые элементы** организации безопасного воздушного движения ОрВД автоматических и пилотируемых воздушных судов.

## ГЕОСТАЦИОНАРНЫЕ АТМОСФЕРНЫЕ СПУТНИКИ

Группа компаний проекта Gyronautica разрабатывает технологию энергетически автономных высотных аэродинамических привязных платформ с неограниченным временем полёта на высотах 10 - 14 км, технологию **сети геостационарных атмосферных спутников ГАС**, связанных атмосферными оптическими линиями передач в единую магистральную сеть, распределённую вычислительную сеть, для систем мобильного широкополосного доступа (МШПД), мониторинга территорий, акваторий и воздушного пространства, точной навигации, цифрового вещания, метеоконтроля, управления воздушным движением и других сервисов.

SKYNET
РЕШЕНИЕ

**ГАС** геостационарный атмосферный спутник

- высотная аэродинамическая привязная телекоммуникационная платформа

- Надёжный ОВ канал до Базовой станции
- Энергетическая автономность, надёжность
- Минимальные размеры, масса, стоимость
- Минимальные затраты CAPEX & OPEX
- Минимальная наземная инфраструктура
- Нелимитированная мощность передачи
- Технология работает на широтах до 80°

**Высота** до 15 км  
**Горизонт** до 400 км  
**Радиус макросот** до 100 км  
**Площадь покрытия 5G** ~30 000 км<sup>2</sup>  
**Масса полезной нагрузки** до 300 кг

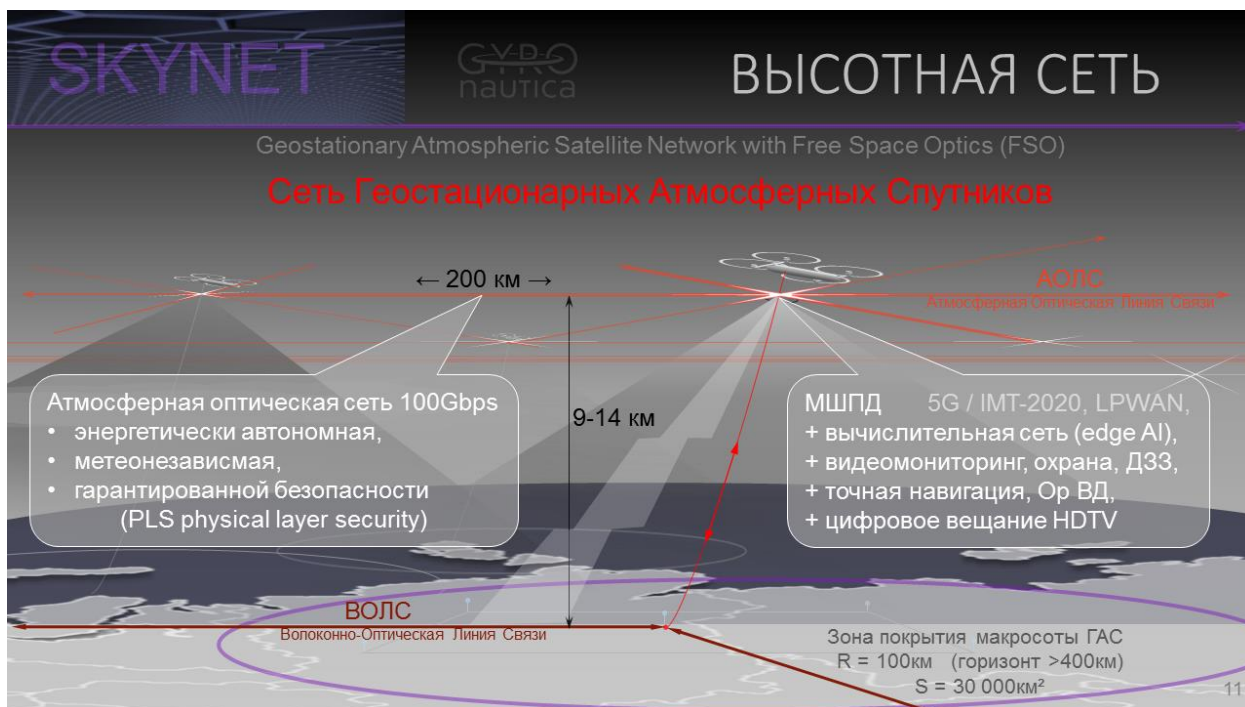
← **Лев** (+ОВ ~1 г/м) ~15кг / 15км

СВМПЭ, УНМВРЕ (уд.прочность = 378 км)  
 СверхВысокоМолекулярный ПолиЭтилен  
 (Dyneema®, Spectra®, Китай, Россия, Томскнефтехим, Казаньоргсинтез)

9

Технология ГАС совместима с существующими и перспективными технологиями мобильной связи и магистральными оптоволоконными каналами, органично дополняет их. Сложную наземную инфраструктуру заменяет тонкий прочный оптоволоконный подвес, что обуславливает разрыв в стоимости с альтернативными технологиями на порядки.

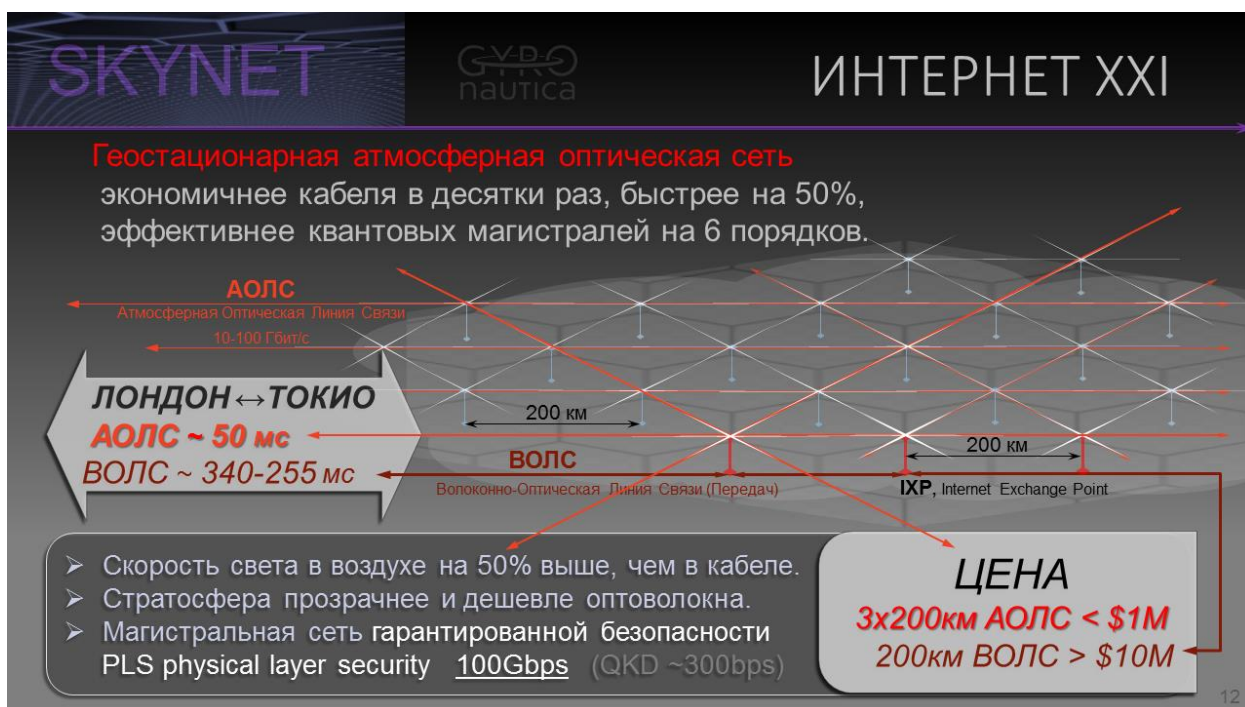
Экзосфера ГЕО НЕО МЕО Термосфера LEO	Технологии покрытия	Предел технологии	Стоимость WRAN (R100km)					Мощность BS Вт / км <sup>2</sup>	Rang min	
			Затраты \$M	CAPEX	OPEX	10M	1M			0.1
LEO	Низкоорбитальные группировки спутников Starlink, OneWeb, O3b, Telesat, LeoSat, Сфера	TV DVB-S	10B	1B	100M	10M	1M	0.1	☀️	WWAN 12K +1M HC
		телефония ФШПД	[Bar chart showing CAPEX and OPEX for LEO]							
Стратосфера	Аэростатические атмосферные спутники Loon (Google) закрыт	Сотовая связь <100км	1000	100	10	1	0.1	☀️	WWAN 400K + HC	
		3G	[Bar chart showing CAPEX and OPEX for Loon]							
Стратосфера	Аэродинамические атмосферные спутники Helios (NASA), закрыт Aquila (Airbus), закрыт Zephyr (Facebook) закрыт	3G	1000	100	10	1	0.1	☀️	WRAN 1 + HC	
		LTE?	[Bar chart showing CAPEX and OPEX for Helios/Aquila/Zephyr]							
Тропопауза	Геостационарные атмосферные спутники GYRONAUTICA +FSO	3G	1000	100	10	1	0.1	☀️	WRAN WMAN 1	
		4G 5G 6G	[Bar chart showing CAPEX and OPEX for Gyronautica]							
Тропосфера	Наземные вышки сотовой связи + кабельная сеть	5G	1000	100	10	1	0.1	☀️	WLAN 300	
		4G 3G	[Bar chart showing CAPEX and OPEX for ground infrastructure]							



Ежегодно мелкие возгорания разрастаются до масштабных пожаров, уничтожающих **миллионы** гектаров лесов (2018 – 8.674 млн га, 2003 – 13.5 млн га) и целые посёлки.

- Ежегодный ущерб от лесных пожаров составляет в среднем **20 млрд Р.**
- В 2010 году ущерб составил **85,5 млрд Р.**

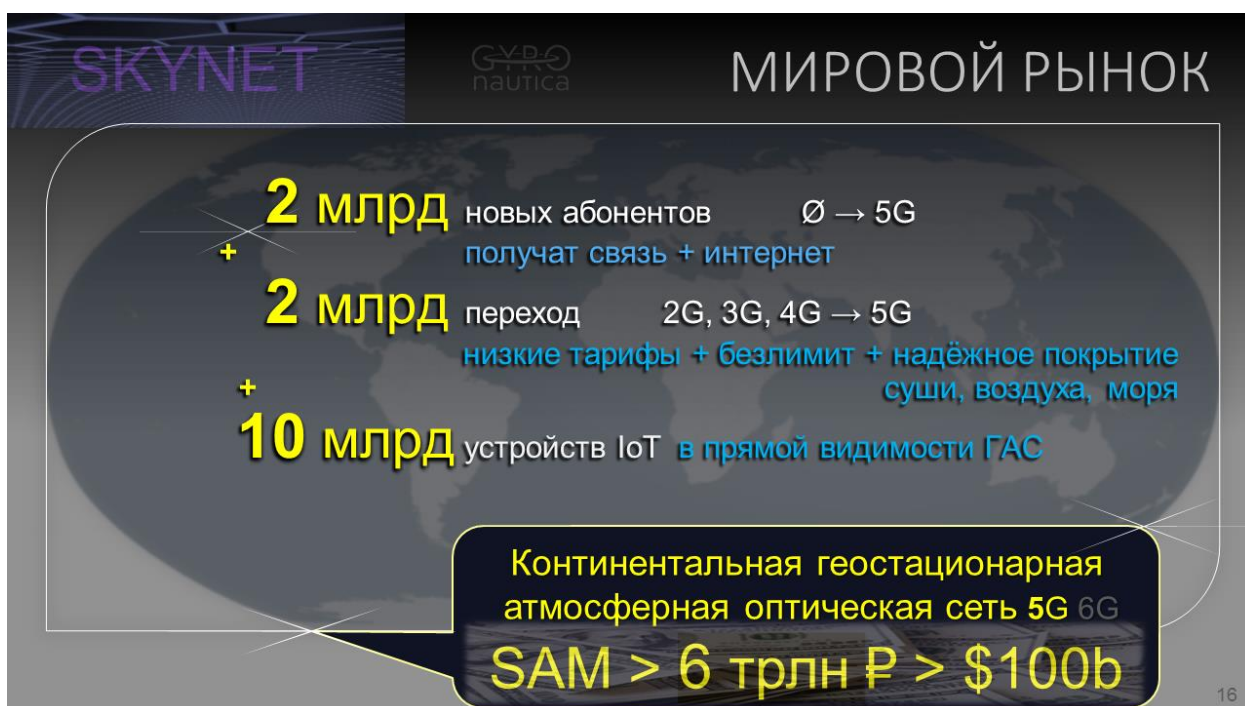
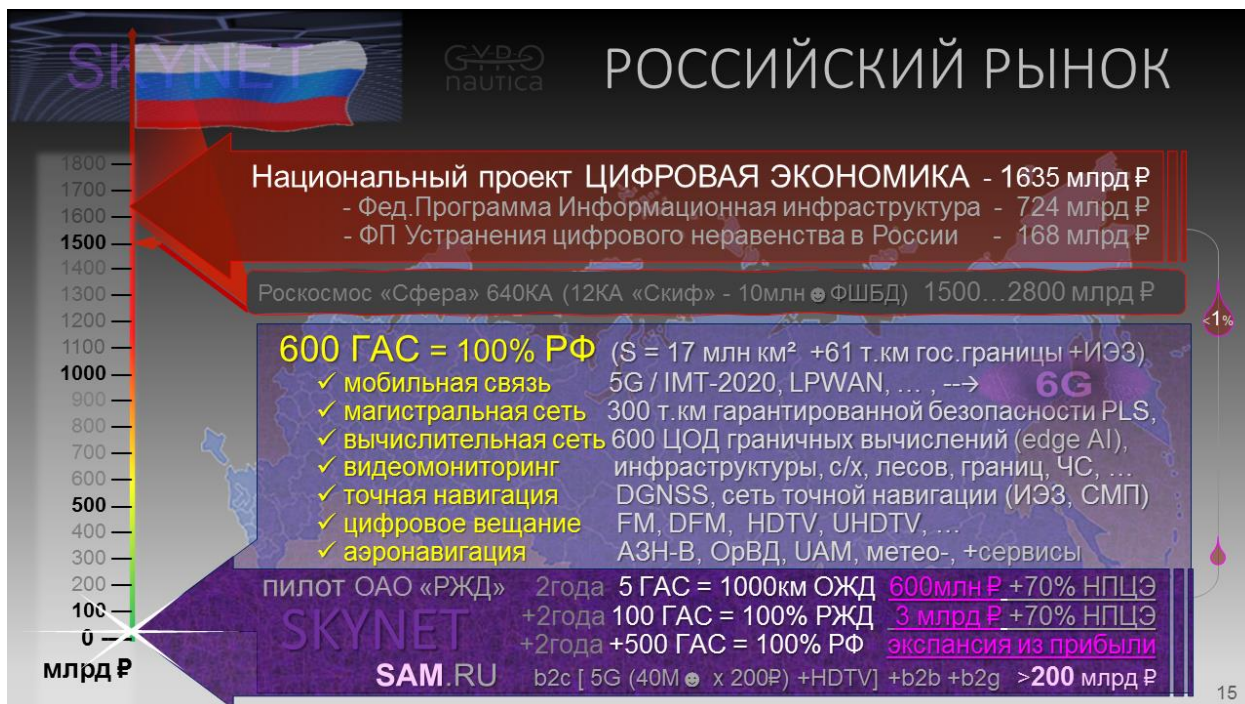
Государственная граница РФ 61000 км, охрана обходится >1 млн Р / км год.  
Пограничники на 5лет запросили **658 млрд Р.**



### ВЫВОД №7.

SKYNET – экологически чистая и экономически эффективная технология решение ключевых проблем связи: магистральных каналов гарантированной безопасности, полного покрытия мобильной связью 5G, надёжного энергоснабжения распределённой сети граничных вычислений, а также сеть непрерывного высотного видеомониторинга, точной навигации, цифрового вещания, метео контроля и других сервисов в единой системе.





### ТЕКУЩИЙ СТАТУС ПРОЕКТА TRL-4

- ✓ Завершён цикл НИОКР по аэродинамике и акустике роторов ВК.
- ✓ На летающих демонстраторах отработаны аэродинамически устойчивые схемы.
- ✓ Разрабатываются технологии производства элементов платформ ГАС.
- ✓ Формируется кооперация разработчиков элементов проекта SKYNET.
- ✓ Стартовала разработка модулей оптической связи FSO по ТЗ проекта.
- ✓ Сформированы предложения на технологические запросы ОАО «РЖД».
- ✓ Открыта продажа лицензий по патентам **России, США, Канады, Китая.**
- ✓ Идут финальные стадии патентования в **Евросоюзе.**

СЕТЬ ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ АТМОСФЕРНЫХ СПУТНИКОВ

Подробнее на сайте [gyronautica.ru](https://gyronautica.ru), <https://gyronautica.ru/rnd/platforms/>