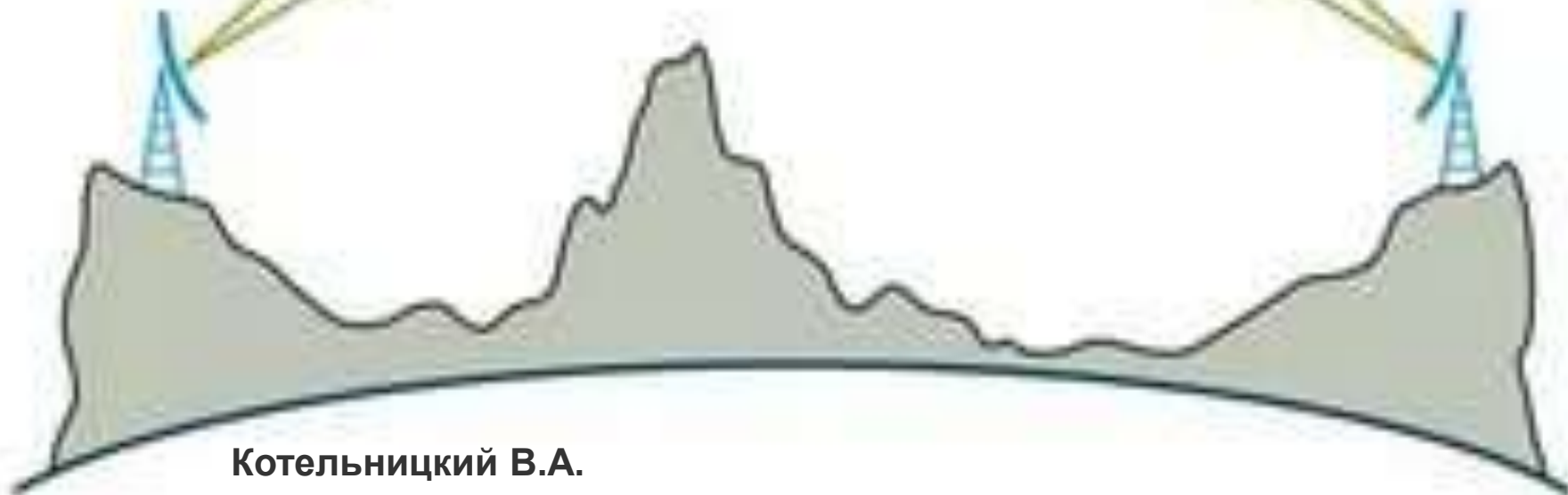


# Современное состояние тропосферной связи в России и ее перспективы



Котельницкий В.А.

## История тропосферной связи

1. М.Т. Грехов и В.М. Большеверов – первые экспериментальные исследования дальнего тропосферного распространения радиоволн, 1932-1934 г.г.
2. В.И. Фок, В.А. Красильников, Б.А. Введенский, В.Н. Троицкий, Л.И. Калинин – исследовали физические процессы рассеяния в тропосфере, 1940-1960.
3. В годы второй мировой войны на советских дальневосточных авиабазах за 800 км отчетливо принимались переговоры японских летчиков.
4. Первые зарубежные сообщения о тропосферной связи относятся к 1953 г. – Bell Lab и МТИ провели первые экспериментальные работы.
5. Первая линия Квебек-Лабрадор-Ньюфаундленд была построена фирмой REL по заказу ВВС США в 1954 г.
6. 1954-1977 в мире было построено 140 ТРЛ общей длиной свыше 130 000 км. Первенство за США.
7. Активное строительство ТРС в Советском Союзе – 60-97-е годы (общая протяженность свыше 22000 км), наиболее крупные:
  1. Система «Горизонт» (1000 Мгц) – 4 000 км
  2. Система ТРС «Север» – 13 200 км
  3. Система «Барс» для Варшавского Договора – 5 100 км.
8. Всего в период 1958-1991 г.г. В СССР было разработано 25 типов ТРС:

# Состояние современных разработок ТРС в России в 2000-2018 г.г.

1. МНИРТИ, Москва
  - 80-е годы – Р-423-1 (Бриг-1), 2 Мбит/сек, сегодня морально устарела.
  - 1993 г. НИР «Тропа», 8 Мбит/сек – не окончена из-за отсутствия финансирования.
  - 2003-2005, НИР «Бутыль», ОКР «Ладья», 512 кбит/сек - уникальная малогабаритная ТРС с временным дуплексом, один приемо-передатчик и одна антенна – требует переработки на новую элементную базу.
  - 2015-2017, ОКР «Вьюнок» - улучшенный модем ТРС «Ладьи» до 1 Мбит/сек.
2. НПП Радиосвязь, Красноярск
  - 2005 г., Р-423-2 АМК (Сосник) – 2 Мбит/сек. Это модификация ТРС Бриг на новой элементной базе и алгоритмами работы ШП модема с многочастотными сигналами. Идут работы над модемом 8 Мбит/сек.

## Малогабаритная ТРС «Ладья»

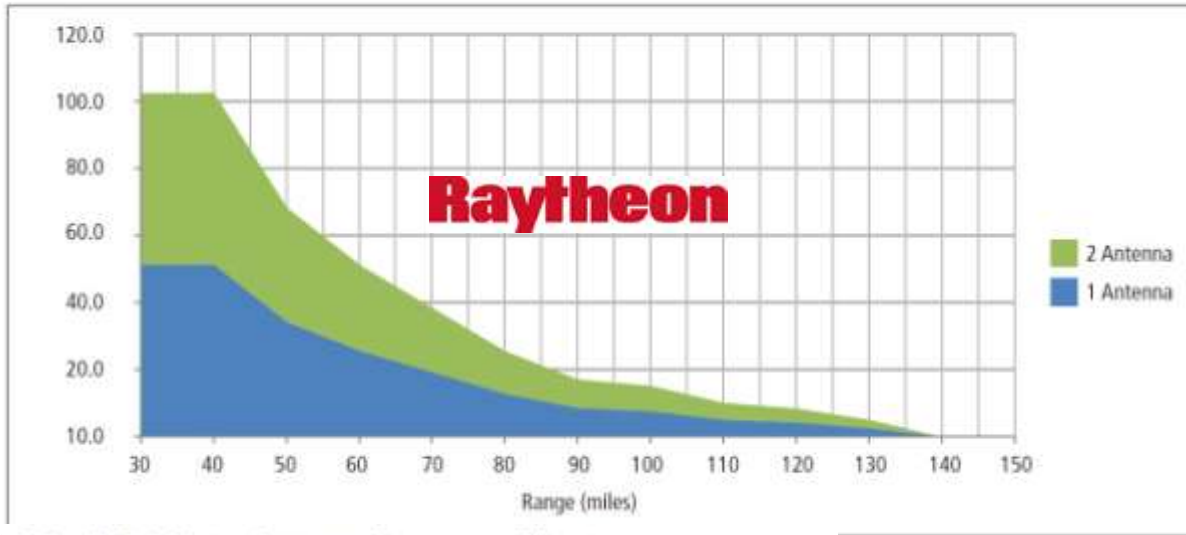


## ТРС «Сосник»



# Зарубежные разработки к 2017 г. 1/3

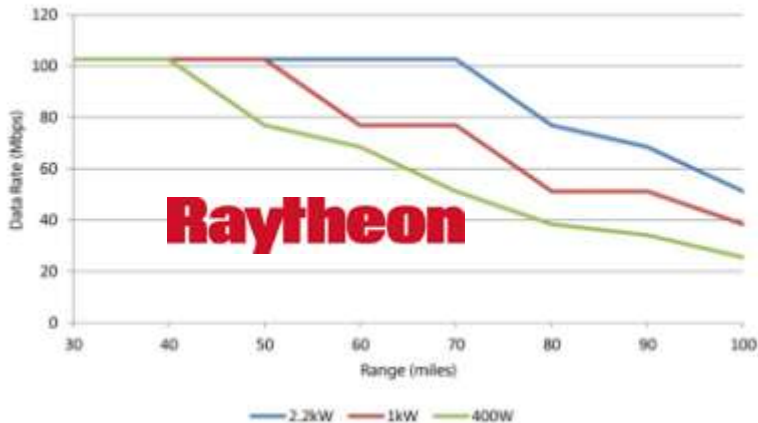
Achievable Data Rates for 2.0m, 1 kW Links, Temperature Climate (95%), Smooth Earth



Модем BLOS-T

- 64QAM
- 16 MHz
- FEC 1/5, 1/4, 1, 2, 2/3

C Band, 2.4 Meter Antenna, Temperate Climate (90%), Smooth Earth, Two Antenna Links



Модем **CS67500** разработан Comtech Systems по заказу МО США. Достигнута скорость передачи данных **50 Мбит/сек** на линии **160 км** с использованием **500 Вт** транзисторных передатчиков.



## Зарубежные разработки к 2017 г. 2/3

1. По состоянию на 2015 год на вооружении ВС США находится свыше **800 станций** AN/TRC-170 (Raytheon) различной модификации. Стоимость одной станции AN/TRC-170(V2) и (V3) составляет 2 и 1 млн. долл. соответственно.
2. Командование вооруженных сил США рассматривает высокоскоростную ТРС в качестве резервной, а на отдельных участках как единственно возможную. В частности, в ходе боевых действий в Ираке интенсивно использовались линии ТРС: в 1991 году была развернута сеть в составе более 100 станций; в 2003 году, например, была организована линия из северной части Кувейта до Багдада.
3. В США разработана **стратегия развития ТРС до 2030 года!**

## Зарубежные разработки к 2017 г. 3/3





# Характеристики необходимых тропосферных станций

<b>Легкая станция</b>	<b>Мобильная, 2 Мбит/сек, антенна 1.25 м, Р прд=100 Вт, до 120 км</b>
<b>Средняя станция</b>	<b>Мобильная, 8-20 Мбит/сек, антенна 1.9 м, Р прд=500 Вт, 100-200 км</b>
<b>Тяжелая станция</b>	<b>Транспортируемая, 20-50 Мбит/сек, антенна 2.5 м, Р прд=3000 Вт, 200-300 км</b>
<b>Многонаправленная станция</b>	<b>Транспортируемая, 8-20 Мбит/сек, антенна 2.0/2.5 м, Р прд=1000 Вт, 150-200 км</b>

# Потенциальный рынок тропосферных станций на 5 лет

Потенциальные заказчики	Легкая станция*	Средняя станция	Тяжелая станция	Много
				направленная станция***
<b>Цена 1 станции, млн. руб.</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>30</b>
Мин Обороны, шт	100	200	200	100
ФСБ (Погран войска), шт	50			10
ФСО	50			5
МЧС/МВД	10	4		
Почта России	10	4		
Гос. Программа "Арктика"		200	100	5
Нефтегазовые компании**	10	20	30	
Страны СНГ**	10	20	20	
БРИКС**	10	10	10	
Африка, Ю-В Азия, арабские страны**	100	50	50	
<b>Всего станций каждого типа</b>	<b>350</b>	<b>508</b>	<b>410</b>	<b>120</b>
<b>Итого, млн.руб.</b>	<b>2 450</b>	<b>7 620</b>	<b>10 250</b>	<b>3 600</b>
<b>Всего за 5 лет, млн.руб</b>	<b>23 920</b>			
* - без автомобиля				
** - возможно использование импортных узлов				
*** - возможно контейнерное исполнение без автомобиля				
***цена указана на 2 направления				

## Тропосферная связь в Арктике

**Нефтегазоносные зоны, точки присутствия отраслевых компаний и морских путей в Арктике (по данным Европейского космического агентства)**



# Тропосферная связь в Арктике

1. Протяженность интервала 400-600 км
2. Необходимый диапазон частот 900-1200, 1500-2000 МГц



# Востребованность и Потенциал ТРС в России

1. Если на вооружении армии США находится порядка 800 тропосферных станций, то России с ее территорией необходимо существенно больше.
2. Россия обладает достаточным интеллектуальным потенциалом, чтобы победить основную проблему тропосферной связи – межсимвольную интерференцию.
3. В России есть опыт и научно-технический задел разработки и производства ТРС.

Догнать и перегнать Америку по всем  
экономическим показателям



## Преимущества современной тропосферной связи 1/2

1. Обеспечение связи в труднодоступных и малонаселенных районах (особенно в северных арктических территориях).
2. Тропосферная связь может рассматриваться в качестве резервных линий спутниковой связи.
3. Экономически тропосферная связь более выгодна перед спутниковой после 3-х лет эксплуатации.
4. Отсутствие реакции на рост ионизации верхних слоев тропосферы при высотных ядерных взрывах (связь других видов подвержена значительному влиянию и на продолжительное время может прерываться).

## Преимущества современной тропосферной связи 2/2

1. Повышенная пропускная способность линий связи до 50–100 Мбит/с для обеспечения передачи высокоскоростного трафика;
2. Увеличенная дальность действия систем тропосферной связи за счет использования новых видов сигналов, повышения мощности приемопередатчиков, а также использования высоконаправленных антенн;
3. Гарантированная стойкость засекречивания;
4. Минимизация массогабаритных характеристик, обеспечение оперативности развертывания и простоты обслуживания;
5. Надежность функционирования оборудования в неблагоприятных условиях (погодных, рельефных), скрытность и стойкость к воздействию средств РЭБ противника.

## Дорожная карта проекта

<b>начало Проекта</b>	<b>дек 2018</b>
<b>Открытие НИР 20-50 Мбит/сек модем</b>	<b>01.01.2019-31.12.2021</b>
<b>Открытие НИР 1000 - 3000 Вт передатчик/МШУ 1 дБ</b>	<b>01.04.2019-31.12.2021</b>
<b>Открытие НИР на ФАР</b>	<b>01.04.2019-31.12.2021</b>
<b>ОКР на среднюю и тяжелую станции</b>	<b>01.07.2019-01.03.2022</b>



## Как достичь заявленных результатов

1. Стабильное финансирование в полном объеме.
2. Тесное сотрудничество с поставщиками отдельных узлов ТРРС (прм/прд и антенн) и сборочным заводом.
3. Высокая интенсивность научных разработок: совершенствование методов борьбы с МСИ
  - a) Модем на многочастотных OFDM+QPSK
  - b) Модем с адаптивным частотным эквалайзером
4. Объединение всех научных тропосферных школ России: МНИРТИ, Красноярская Радиосвязь, МТУСИ.

# Тропосферная связь России ждет своего стратегического инвестора



**Спасибо за внимание**

**+7 985 923 1779**

**[fsbss@yandex.ru](mailto:fsbss@yandex.ru)**

**Котельницкий В.А.**