





**100-е заседание
ОМСКОГО радиосеминара**



ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РФ

Заместитель начальника отдела 20 по научной работе
Зачатейский Дмитрий Евгеньевич



Конференция «Связь в высоких широтах»,
Омск, 2014

Доклад обобщает результаты цикла исследований по рассматриваемому направлению.

Участники работ:

д.т.н. Хазан В.Л.,
к.ф.-м.н. Кривальцевич С.В.,
к.т.н. Юрьев А.Н.,
к.ф.-м.н. Зачатейский Д.Е.,
к.т.н. Шадрин Б.Г.,
к.т.н. Резин С.А.,
к.т.н. Землянов И.С.,
к.т.н. Анишин М.М.,

Валл А.П.,
Дворянчиков В.А.,
Никулин А.А.,
Резина Я.В.





ОМСКИЙ НИИ

ОНДИП

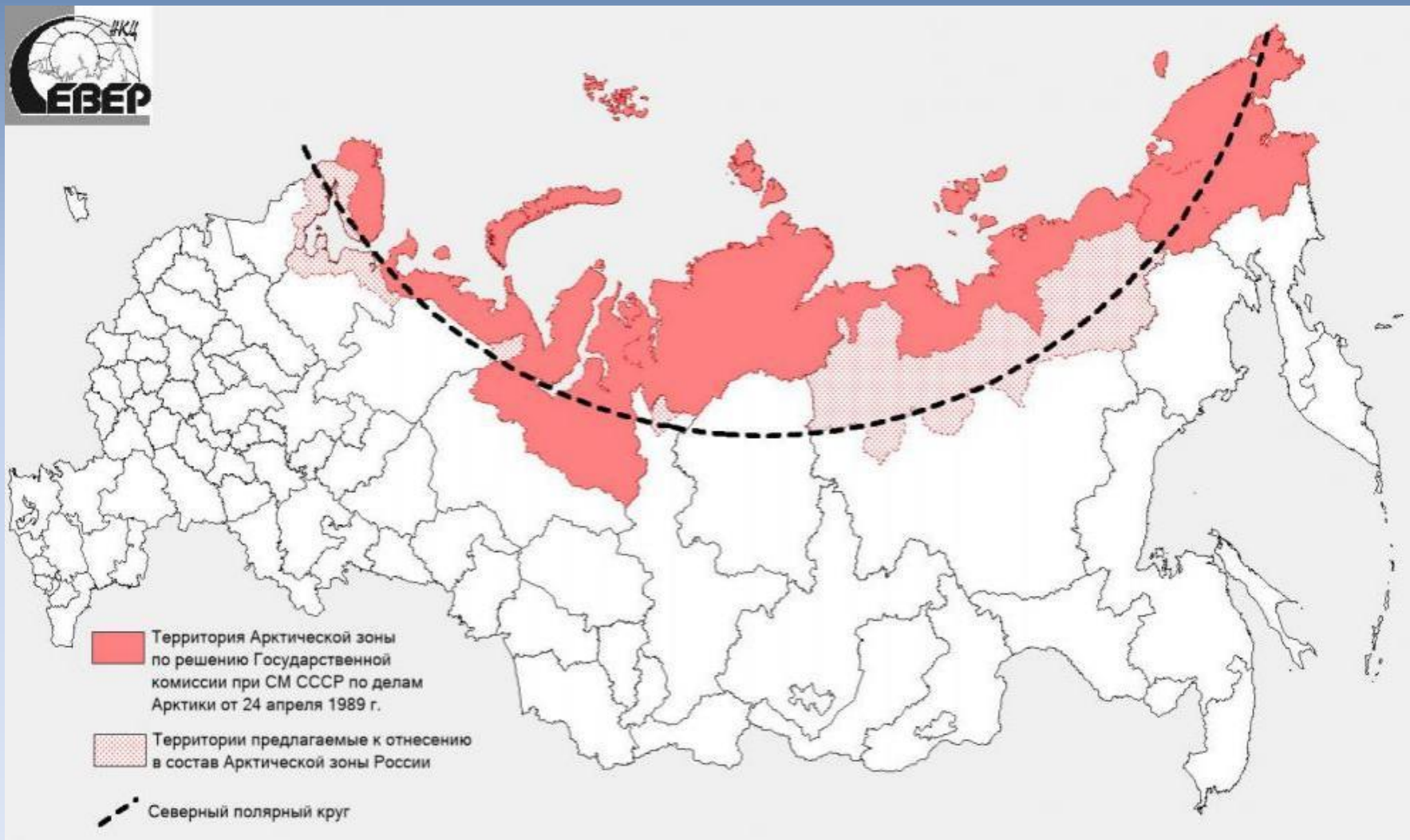
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

ДАЛЬНЯЯ РАДИОСВЯЗЬ.
АППАРАТУРА И КОМПЛЕКСЫ.

Актуальность решаемых задач



Территория Арктической зоны



Экономика

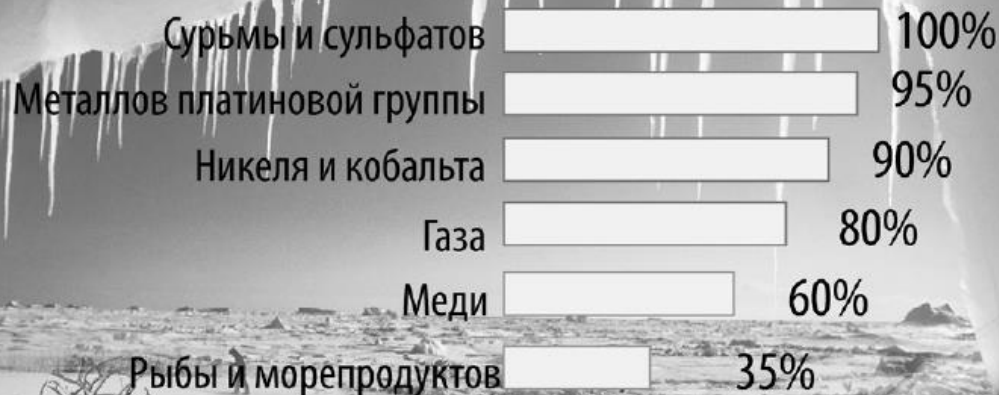
- Составляющие экономики Севера:
 - морские перевозки,
 - воздушные перевозки,
 - добыча полезных ископаемых,
 - вылов морепродуктов,
 - туризм (экотуризм).



Арктика в экономике России

25%
доля
в экспорте

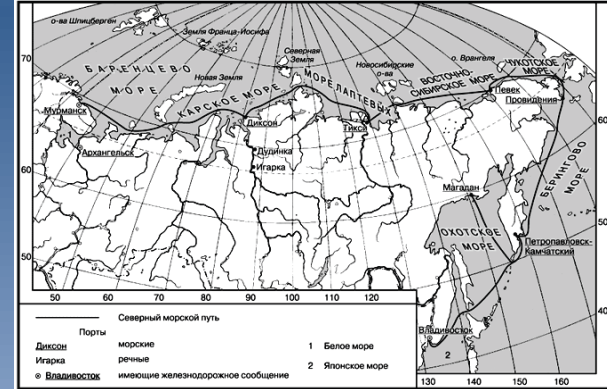
15%
доля
в ВВП
страны*



Население -
2,5 млн человек

*Основной макроэкономический показатель

Северный морской путь

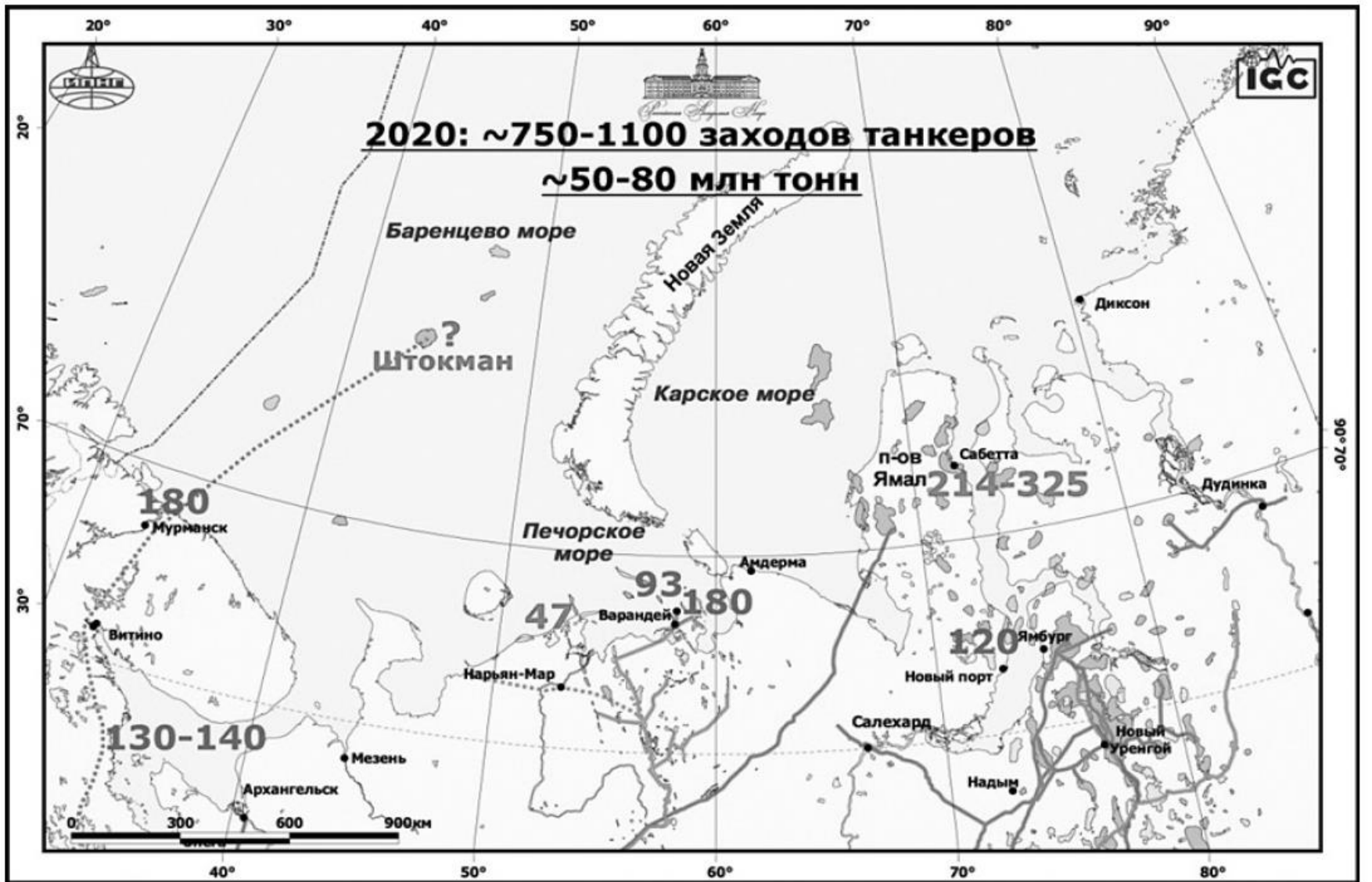


- Севморпуть – это кратчайшая транспортная артерия между европейской частью России и Дальним Востоком, единая национальная система коммуникаций. Его протяженность от Карских Ворот до бухты Провидения составляет около 5600 км. Расстояние от Санкт-Петербурга до Владивостока порядка 14 тыс. км., через Суэцкий канал – свыше 23 тыс. км.)
- При проходе по Северному транспортному коридору каждое судно экономит 500 тыс. евро и до 15 дней в пути. Через Суэцкий канал в год проходит около 18 000 судов.
- По СМП транзитный перевозки осуществляются с 2009 г. (разрешены с 1991 г.)

Транспортировка грузов

- Из обобщенных планов российских недропользователей следует, что в 2020 г. в Печерском и Карском морях объёмы перевозок нефти и сжиженного природного газа (СПГ), добываемых на шельфе и прилегающей суше, достигнут 50 – 80 млн. тонн (в 14-22 раза больше всего грузопотока по Северному морскому пути в 2012 г.)





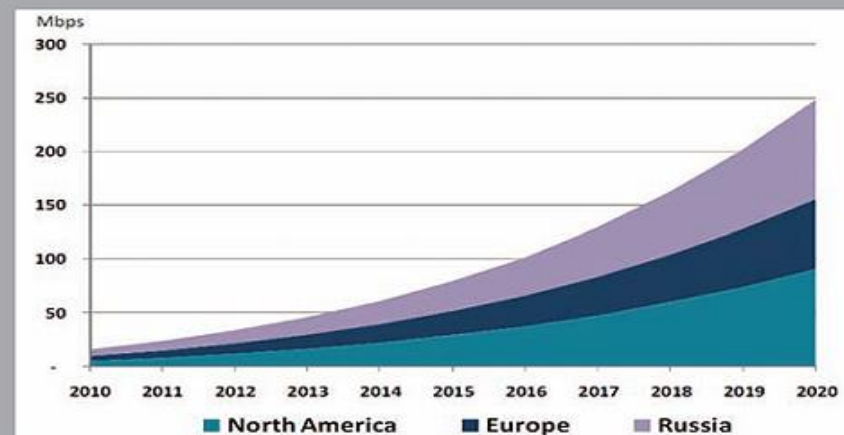
Нефтегазовая инфраструктура и количество заходов танкеров для перевозки нефти и СПГ в 2020 г.

Прогноз потребности в связи

Требуемая прогнозируемая пропускная способность в Арктическом регионе (включая все страны и задачи, по оценке Европейского космического агентства)



Требуемая прогнозируемая пропускная способность в Арктическом регионе выше 75 град. с.ш. (включая задачи государственного значения), по оценке Европейского космического агентства



А нужна ли связь россиянам?

Изменение населения в Арктическом регионе

	1989	2012	- Убыло/ + Прибыло
Мурманская область	1 191 468	780 401	- 411 067 (35%)
Архангельская область	1 575 502	1 202 295	- 373 207 (24%)
- в том числе Ненецкий национальный округ	54 840	42 789	- 12 051 (22%)
Республика Коми	1 261 024	880 639	- 380 385 (30%)
Ямало-Ненецкий национальный округ	486 200	541 612	+ 55 412 (11%)
Таймырский национальный округ ²	55 803	34 400	- 21 403 (38%)
Республика Саха (Якутия)	1 094 100	955 580	- 138 520 (13%)
Чукотский автономный округ	154 100	50 780	- 103 320 (67%)
Итого	5 873 037	4 488 496	- 1 384 321 (24%)



Изменения населения в портах Северного морского пути и условия видимости геостационарных спутников с земных станций этих портов

Порт	Координаты		Население		Угол места с ГСО	Связь, телевидение, Интернет
	с.ш.	в.д.	1989	2012		
Мурманск	66° 58'	33° 05'	468 039	304 068	12,5° (с точки 36°)	Есть в полном объеме
Игарка	67° 28'	86° 34'	18 220	5648	14,1° (с точки 86°)	Может быть в полном объеме
Дудинка	69° 24'	86° 11'	32 300	24 000	12,1° (с точки 86°)	Может быть в полном объеме
Алдерма	69° 45'	61° 40'	5495	550	11,7° (с точки 59°)	Есть в полном объеме
Диксон	73° 30'	80° 31'	4439	674	7,8° (с точки 80°)	Может быть в полном объеме
Тикси	71° 38'	128° 52'	11 649	5023	9,4° (с точки 140°)	Может быть в полном объеме
Левек	69° 42'	170° 19'	12 915	4774	8,8° (с точки 140°)	Может быть в полном объеме
Мыс Провидения	64° 25'	173° 13'	5432	2008	12,7° (с точки 140°)	Может быть в полном объеме

В Арктике связь, телевидение и Интернет с ГСО создаются без особых проблем до 76 град. с.ш. Без устойчивой связи может остаться малый участок (250-300 км) Северного морского пути



ОМСКИЙ НИИ

ОНЦИП

ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

ДАЛЬНЯЯ РАДИОСВЯЗЬ,
АППАРАТУРА И КОМПЛЕКСЫ.

Задачи исследований

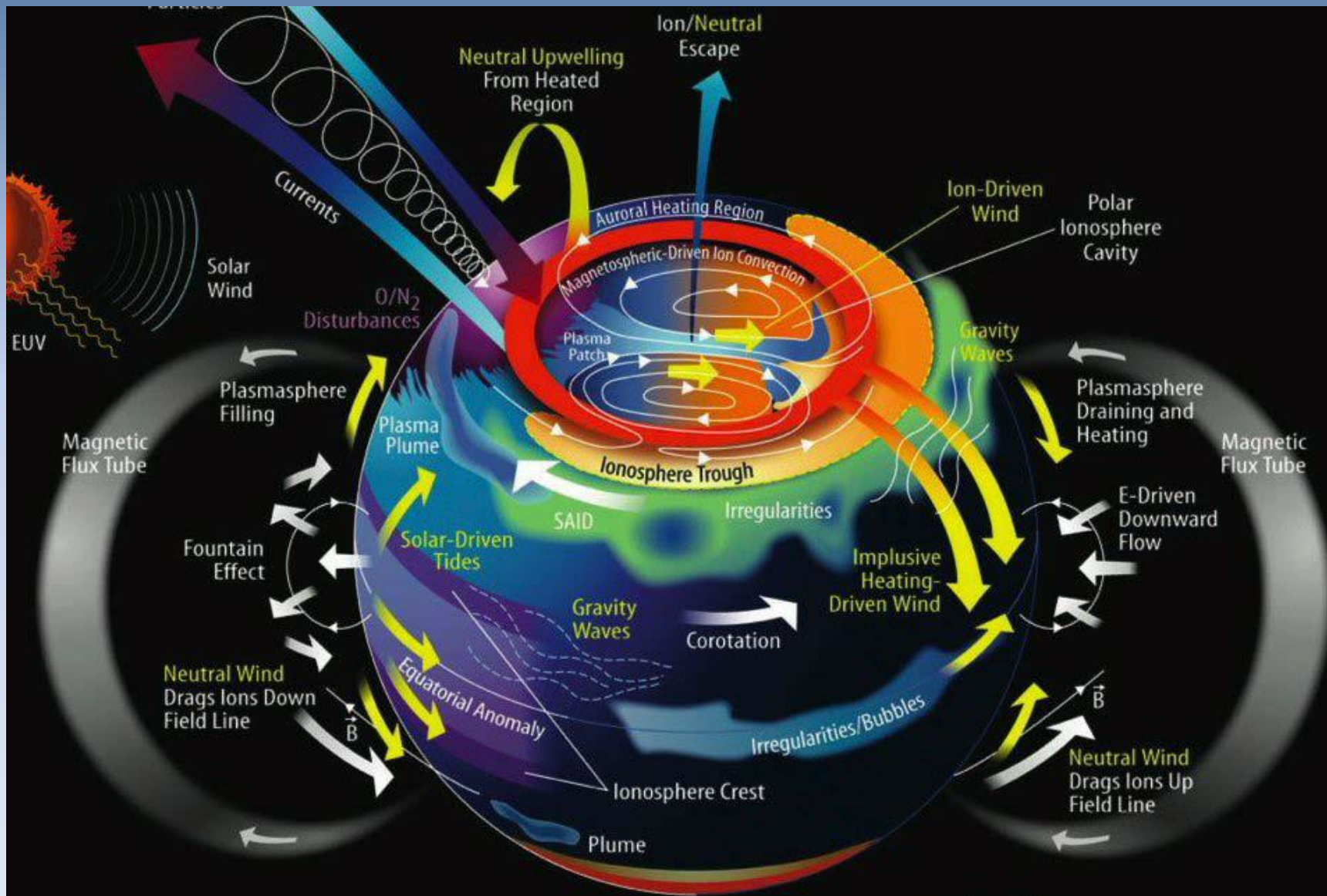


Решаемая задача



Обоснование возможности построения телекоммуникационной инфраструктуры для территорий с малой плотностью населения и «специфическими особенностями» распространения радиоволн.

Известно





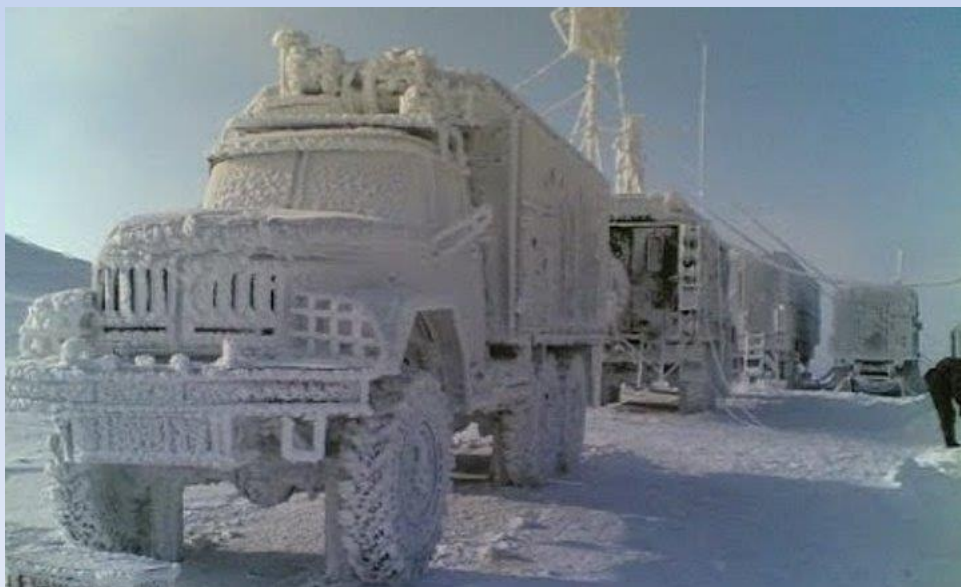
ОМСКИЙ НИИ

ОНСИП

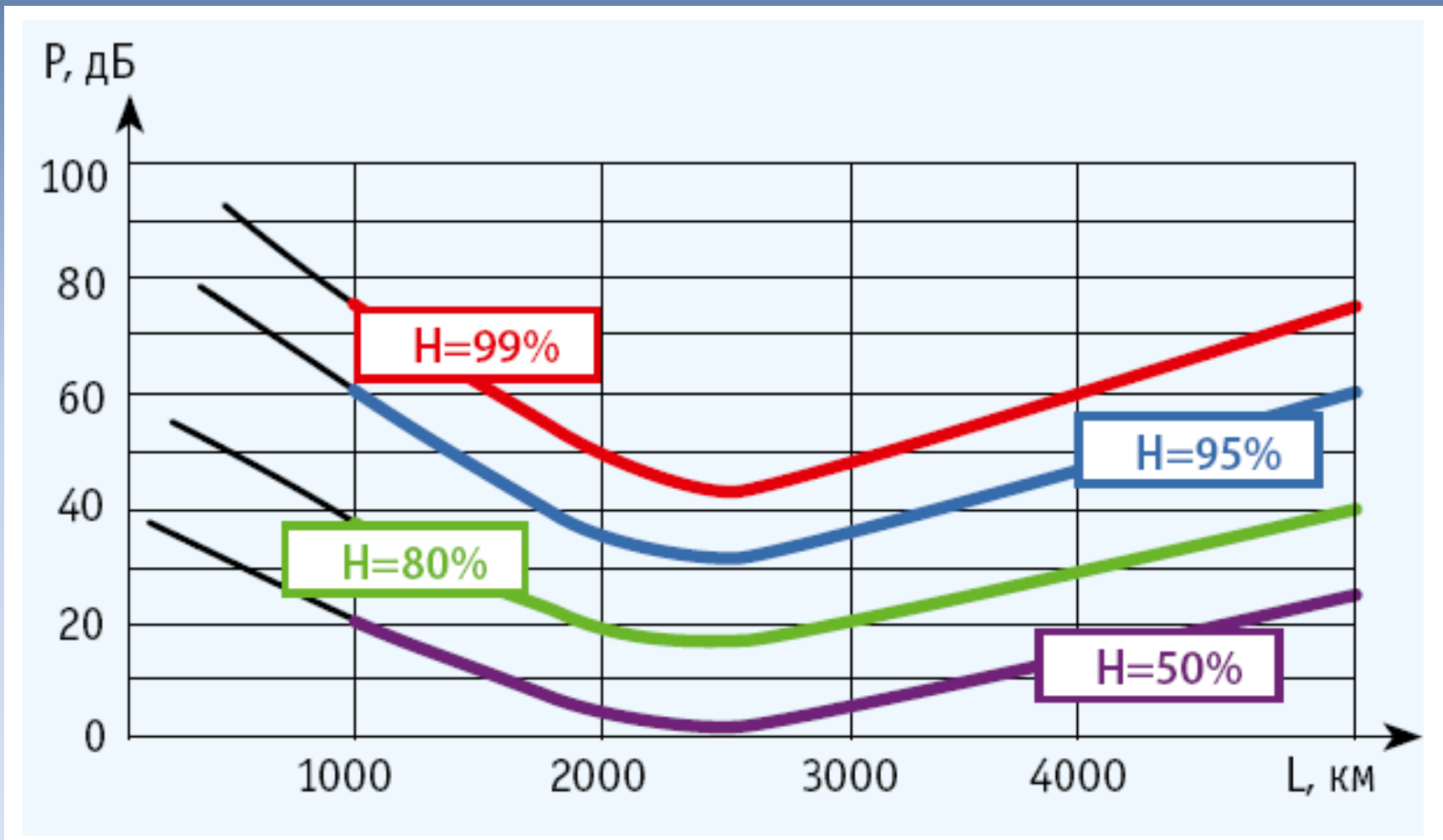
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

ДАЛЬНЯЯ РАДИОСВЯЗЬ.
АППАРАТУРА И КОМПЛЕКСЫ.

Системы КВ радиосвязи

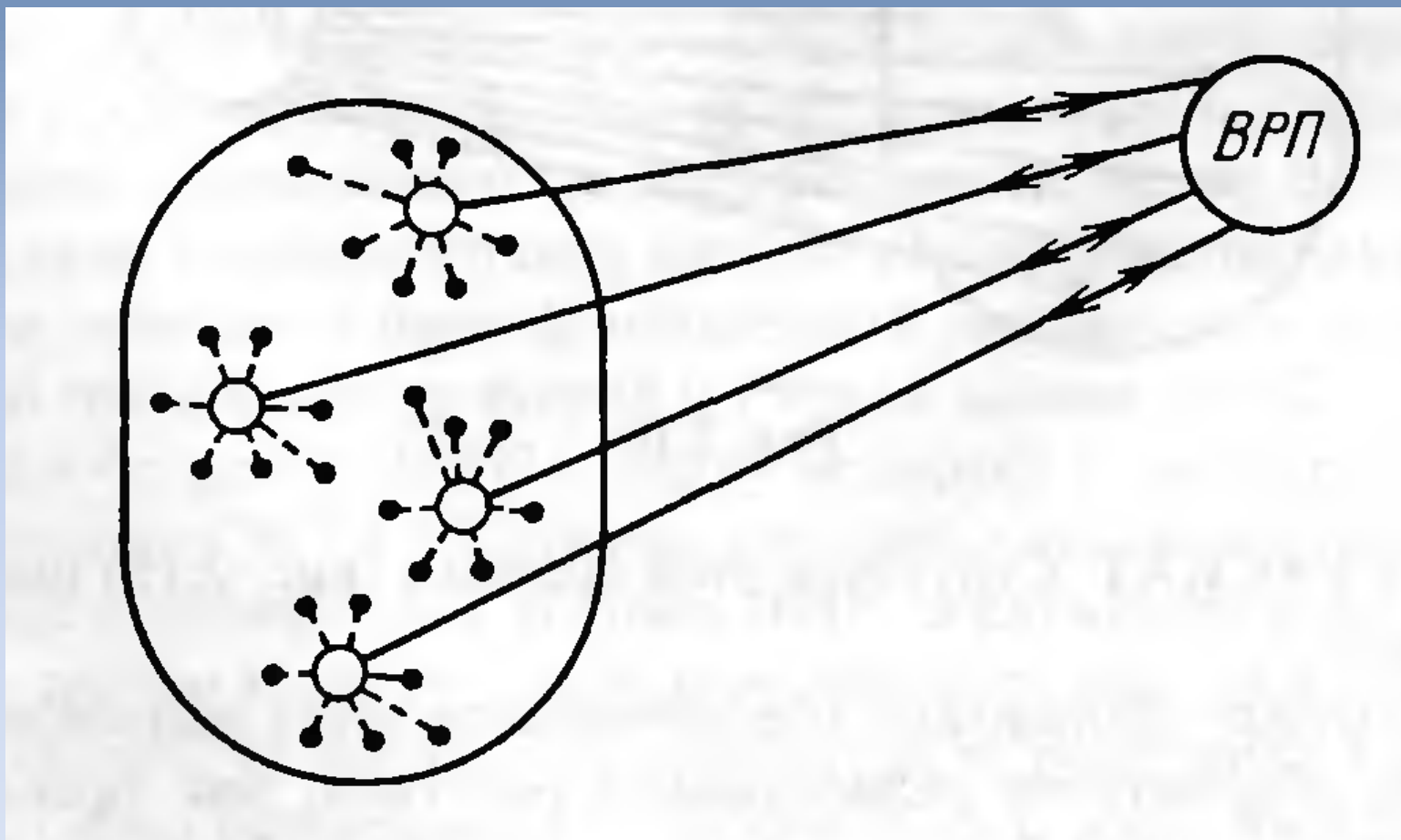


Известно



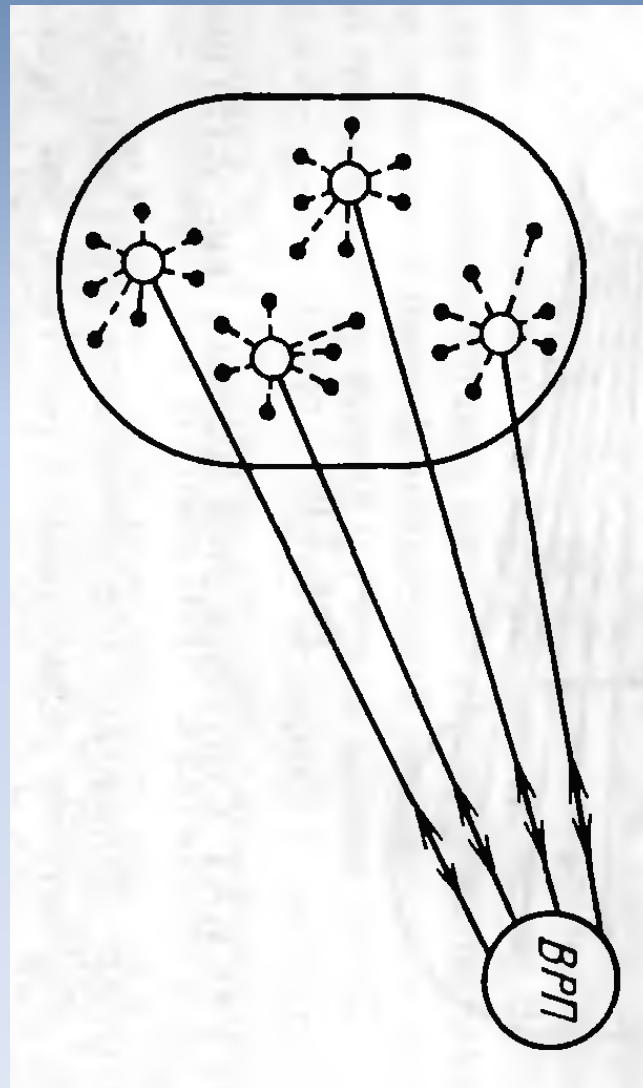
Коноплева Е.Н. О расчете надежности радиосвязи на коротких волнах.// Электросвязь. – 1967. – № 11. – С. 36–38.

Системы КВ связи с вынесенным ретранслятором



Головин О. В., Простов С. П. Системы и устройства коротковолновой радиосвязи / Под ред. профессора О. В. Головина. – М.: Горячая линия-Телеком, 2006. – 598 с.

Системы КВ связи с вынесенным ретранслятором для Арктики



Преимущества



1. Размещение базовых ретрансляторов южнее зоны обслуживания для условий полярной ночи повышает вероятность отражения радиоволн в дневные часы от освещенных областей ионосферы Земли, что расширяет диапазон прохождения радиоволн.
2. Возможность развертывания на базовых ретрансляторах системы контроля качества радиоканалов и адаптации радиолиний к изменяющейся ионосферной обстановке нивелирует воздействие на радиолинии собственных высокоширотной ионосфере интенсивных ионосферных возмущений.
3. Мероприятия по повышению энергетике радиолинии (использование эффективных направленных антенн, мощных передатчиков, регионально-разнесенных вокруг базового ретранслятора приемных центров) являются эффективными способами повышения помехоустойчивости средств декаметровый радиосвязи.
4. Смещение диапазона прохождения радиоволн в более высокочастотную часть КВ-диапазона расширяет возможность маневра частотами, дает возможность использования антенн, имеющих большие значения коэффициента усиления при тех же геометрических размерах.

Преимущества



5. Уменьшение значений дифференциальной задержки между лучами, уменьшение среднего значения количества лучей, которыми приходит сигнал, что позволяет повышать скорость передачи информации при сохранении качества связи.
6. Использование ретранслятора в качестве центральной программно-управляющей, распределительной, регенерационной и контролирующей станции.
7. Уменьшение мощности абонентских радиостанций, вследствие оптимизации условий приема волн ретранслятором.
8. Централизованное распределение частотного резерва и его экономия за счет использования одной несущей частоты для связи с различными абонентами зоны.
9. Возможность организации в составе ретранслятора системы прогнозирования условий распространения и помеховой обстановки в зоне обслуживания.

Предложено



Проект рекомендован экспертным советом технологической платформы «Освоение океана» к использованию в Арктической зоне

Морские информационно-управляющие системы, №3 (6), 2014 г.



Системы СВ радиосвязи

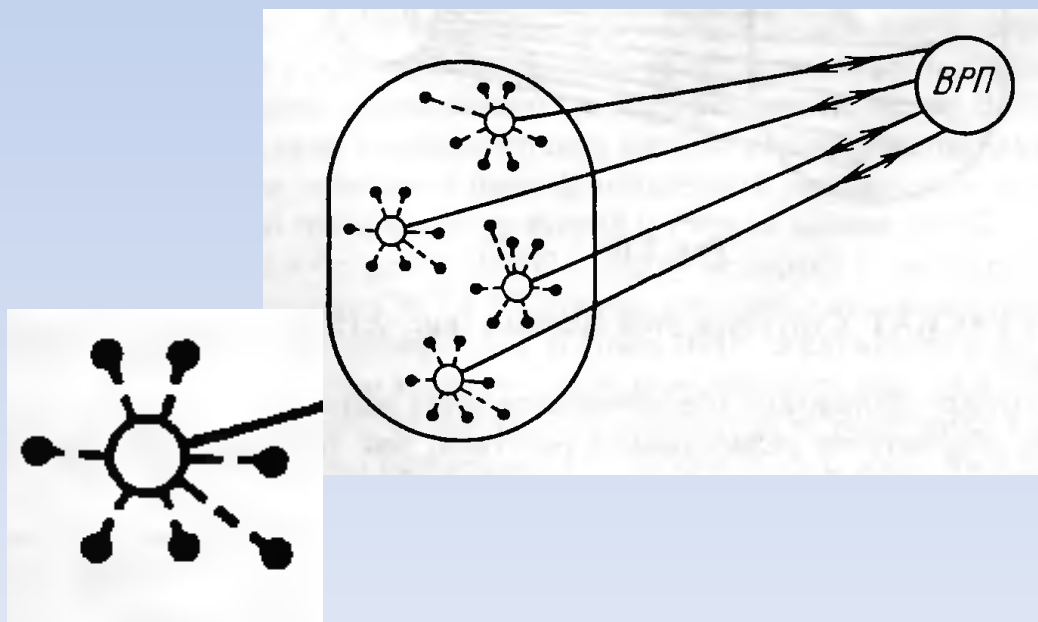
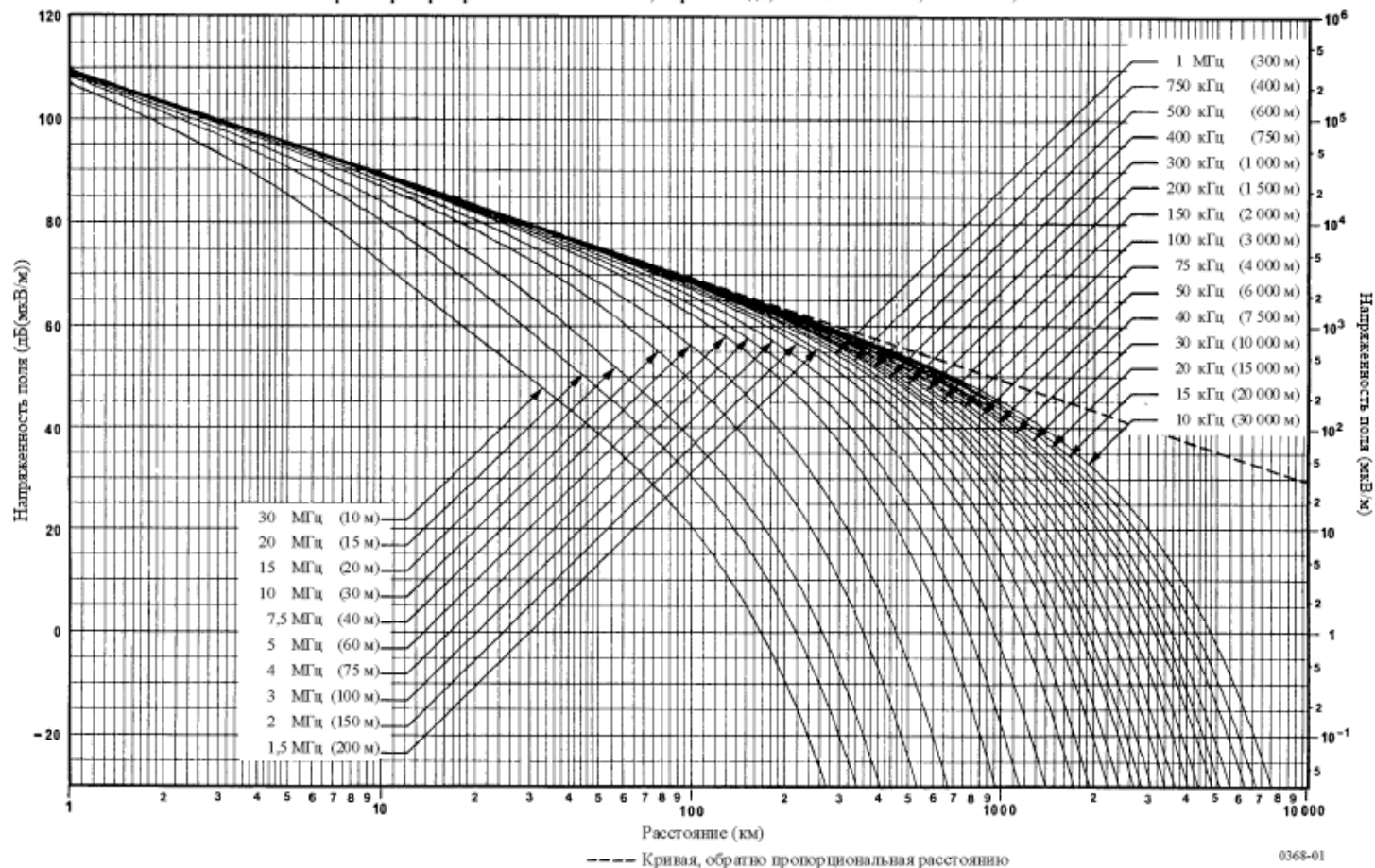
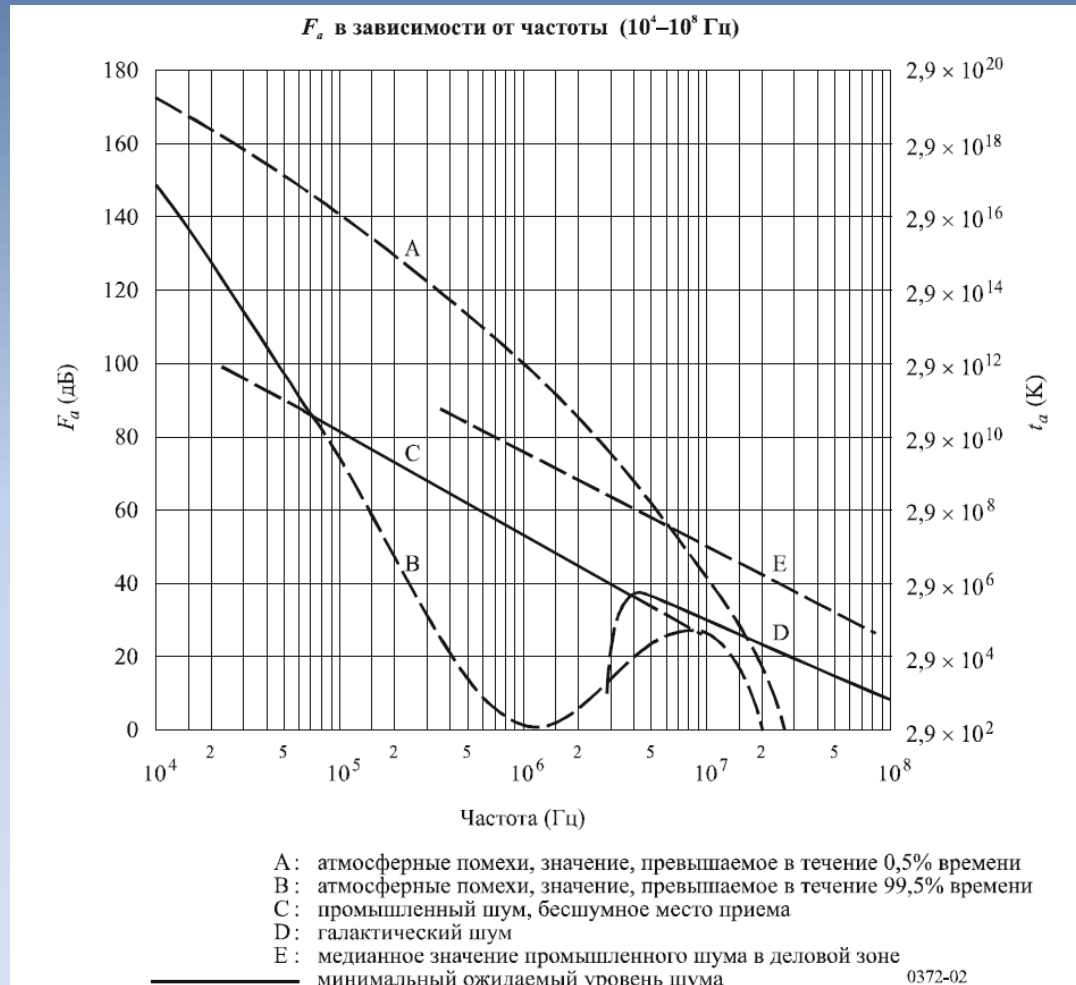


РИСУНОК 1

Кривые распространения земной волны; морская вода, низкая соленость, $\sigma = 1 \text{ См/м}$, $\epsilon = 80$

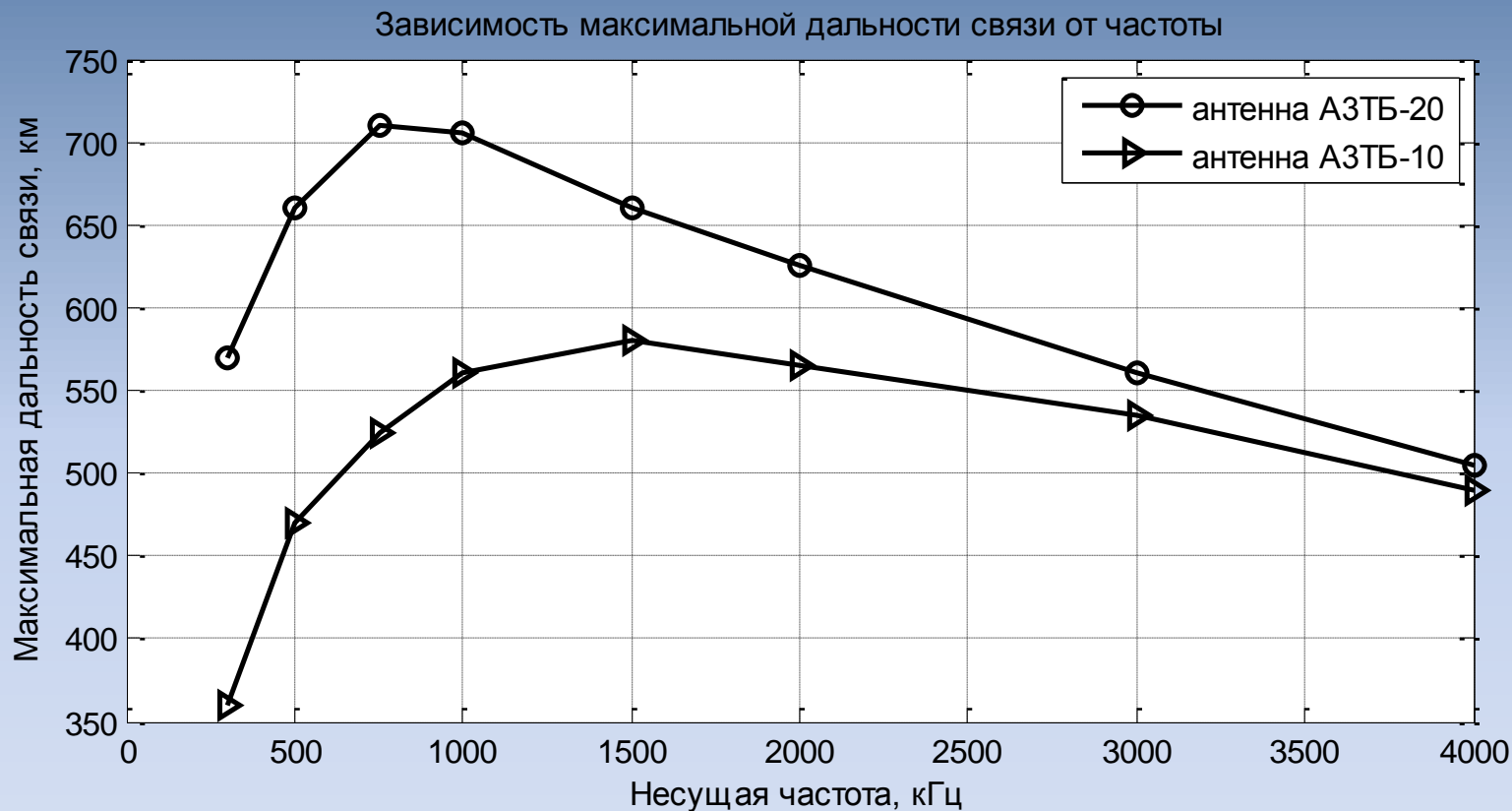


Рен. МСЭ-Р Р.368-9



Рекомендация ITU-R P.372 Радишум.

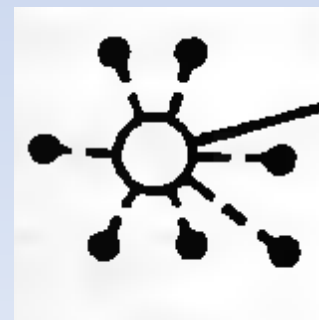
Установлено



Рекомендация ITU-R P.372 Радишум.

Задачи исследования

- Проверить гипотезу о том, что вынос базовой станции системы радиосвязи, работающей в СВ диапазоне длин волн позволит увеличить зону обслуживания по сравнению с вариантом расположения базовой станции на берегу;
- Оценить количественно размеры зоны обслуживания при параметрах подстилающей поверхности характерных для Арктической зоны.
- Обосновать расположение радиостанций для решения задач радиосвязи на Северном морском пути.
- Предложить ТС для решения данных задач.



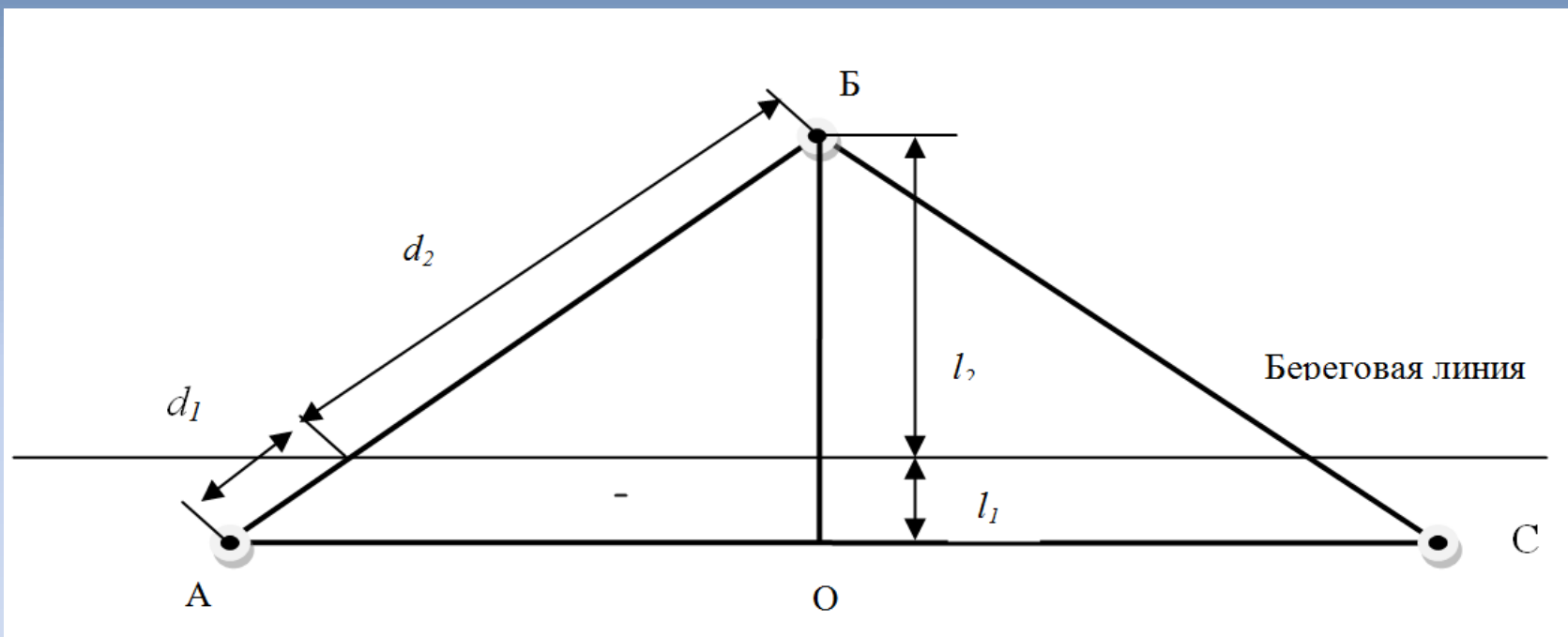


Схема радиолиний

Методика расчётов

- Расчеты проводились по методикам, рекомендованным ИТУ-R (P.368). Для участков с существенно разнородной подстилающей поверхностью использовался метод Меллингтона;
- В расчетах было принято:
 - Антенны штыревые, высотой 4 м, 10, 20 м
 - мощности передатчика 200 Вт–1 кВт.
- Параметры подстилающей поверхности:
 - для морской поверхности - $\sigma = 5$ См/м; $\epsilon = 70$;
 - для суши - ($\sigma = 10^{-2}$ См/м; $\epsilon = 22$), ($\sigma = 10^{-2}$ См/м; $\epsilon = 70$) и ($\sigma = 3 \cdot 10^{-4}$ См/м; $\epsilon = 3$)

Результаты расчётов



- Для принятых исходных данных получено:
 - обеспечиваемая для равных (требуемых для работы) отношений сигнал/шум дальность радиосвязи при распространении сигнала по морю **в 5 – 12 раз** превышает дальность связи по суше;
 - наилучшее прохождение обеспечивается в диапазоне **от 2 МГц до 6 МГц**. На более низких частотах фактором, снижающим качество работы радиолинии является низкая эффективность рассмотренных антенн. На более высоких частотах потери распространения земной волной;
 - добавление к «морской радиолинии» береговых участков, естественно, снижает эффективность предлагаемого решения, но, в целом, положительный эффект сохраняется.

Инструментарий

Программа расчета энергетических характеристик земной волны ВЧ диапазона

Входные параметры | Результаты расчета

Передача	Прием
Название передатчика: Остров Котельный	Название приемника: Тикси
Широта: 75° 59' 00" С.Ш.	Широта: 71° 41' 24" С.Ш.
Долгота: 137° 52' 00" В.Д.	Долгота: 128° 51' 52" В.Д.
Антенна передатчика: Штырь	Антенна приемника: Штырь
Плечо (м): 15,0 Высота (м): 20,0	Плечо (м): 20,0 Высота (м): 20,0
Азимут (град): 45,0	Азимут (град): 90,0
Высота подвеса передающей антенны (м): 0,0	Высота подвеса приемной антенны (м): 0,0
Потери в фидере антенны на передаче (дБ): 0,0	Потери в фидере антенны на приеме (дБ): 0,0
Мощность передатчика (кВт): 1,0	Рабочая частота (МГц): 0,5

Количество участков земной поверхности с постоянными характеристиками подстилающей поверхности на трассе: Два

Тип поверхности первого участка: Мерзлая почва	Протяженность первого участка (км): 2,0
Диэлектрическая проницаемость: 5,0 Проводимость (См/м): 0,01	<input type="checkbox"/> Учет влияния рельефа L0 (км): 1,0 H0 (км): 0,01
<input type="checkbox"/> Учет волнения для морской поверхности Волнение в баллах: 1	<input type="checkbox"/> Учет влияния леса
Тип поверхности второго участка: Морская вода повышенной солености	Протяженность второго участка (км): 549,16
Диэлектрическая проницаемость: 70,0 Проводимость (См/м): 4,0	<input type="checkbox"/> Учет влияния рельефа L0 (км): 1,0 H0 (км): 0,01
<input type="checkbox"/> Учет волнения для морской поверхности Волнение в баллах: 1	<input type="checkbox"/> Учет влияния леса
Тип поверхности третьего участка: Пресная вода	Протяженность третьего участка (км): 0,0
Диэлектрическая проницаемость: 70,0 Проводимость (См/м): 0,001	<input type="checkbox"/> Учет влияния рельефа L0 (км): 1,0 H0 (км): 0,01
<input type="checkbox"/> Учет волнения для морской поверхности Волнение в баллах: 1	<input type="checkbox"/> Учет влияния леса

Выбор расчета земной волны:
 по координатам передатчика и приемника по заданной протяженности и азимуту трассы

Размеры неровностей (L0 и H0) по сухопутным районам для учета влияния рельефа

Азимут на приемник (град.): 214,7 Азимут на передатчик (град.): 26,04 Протяженность трассы (км): 551,16 с шагом: 1,0

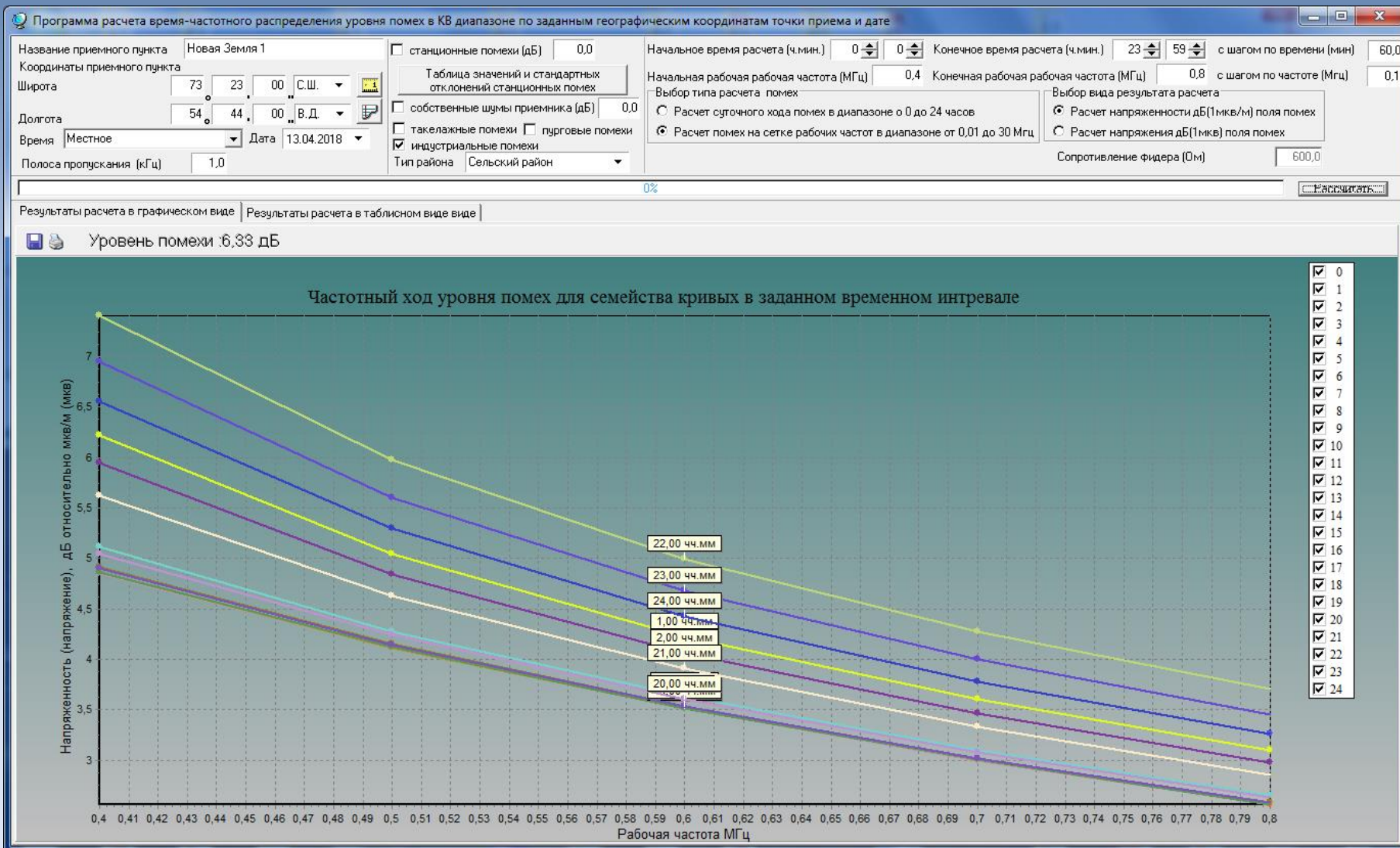
Дата: 13.04.2018 индустриальные помехи Антенны расположены на идеально проводящей поверхности

Время расчета (ч.мин.): 13:43 Тип района: Сельский район Полоса пропускания (кГц): 3,1

100% Рассчитать

Результаты расчета: Es дБ(1 мкв/м)=15,94 Es/Еш дБ=6,91 Us дБ(1 мкв)=49,02 Us/Уш дБ=-3,59

Инструментарий



Инструментарий

Программа расчета траекторных и энергетических характеристик радиоканалов диапазона 2-30 МГц

Базы входных данных Параметры и расчет Результаты Выход О программе	Число скачков <input type="text" value="3"/>	Дата <input type="text" value="20.04.2018"/>	<input type="checkbox"/> стационарные помехи
	<input type="checkbox"/> Учет числа скачков автоматически	Время <input type="text" value="Всемирное"/>	Стационарные помехи (дБ) <input type="text" value="5,0"/>
	Динамика (дБ) <input type="text" value="20,0"/>	Начало связи (ч.мин.) <input type="text" value="16"/> <input type="text" value="4"/>	Стандарт. откл. станц. помех (дБ) <input type="text" value="1,0"/>
	Отн. с/ш для НПЧ(дБ) <input type="text" value="20,0"/>	Конец связи (ч.мин.) <input type="text" value="16"/> <input type="text" value="4"/>	<input type="button" value="Таблица значений и стандартных отклонений стационарных помех"/>
	<input type="checkbox"/> Сортировка результатов по отн. с/ш	Шаг по времени (мин) <input type="text" value="60,0"/>	<input type="checkbox"/> собственные шумы приемника
	<input type="checkbox"/> Спорадический слой Es	Солнечная активность	Собственные шумы приемника (дБ) <input type="text" value="1,0"/>
	<input type="checkbox"/> Учет потерь прохождения через Es	<input checked="" type="radio"/> взять из прогноза <input type="text" value="12 (72)"/>	<input type="checkbox"/> такелажные помехи
	<input type="checkbox"/> Учет возмущения	<input type="radio"/> задать вручную <input type="text" value="100,0"/>	<input type="checkbox"/> пурговые помехи
	<input type="button" value="Задать возмущение"/>	<input type="radio"/> задать вручную индекс IG <input type="text" value="100,0"/>	<input type="checkbox"/> качество связи
	Файл коррекции ионосферы по данным станций ВЗ <input type="text" value=""/>	<input type="checkbox"/> Коррекция по fOF2	Защитный коэффициент (дБ) <input type="text" value="20,0"/>
Рассчитывать:	Шаг по времени (мин) <input type="text" value="60,0"/>	Время действия (%) <input type="text" value="90,0"/>	
<input checked="" type="checkbox"/> МПЧ	Коэффициент ОРЧ <input type="text" value="0,8"/>	Вероятность обслуживания (%) <input type="text" value="90,0"/>	
<input checked="" type="checkbox"/> НПЧ	<input type="checkbox"/> Рассчитать суточный ход МПЧ	<input checked="" type="checkbox"/> Расчет земной волны	
<input checked="" type="checkbox"/> параметры лучей	<input type="checkbox"/> Рассчитать суточный ход НПЧ	<input type="button" value="Задать дополнительные параметры для расчета земной волны"/>	
<input checked="" type="checkbox"/> автоматический расчет на каждый час	<input type="checkbox"/> Рассчитать АЧХ, УЧХ и ДЧХ		
<input checked="" type="checkbox"/> промышленные помехи	<input type="button" value="График АЧХ, УЧХ и ДЧХ"/>		
Тип района <input type="text" value="Открытая местность"/>	<input type="checkbox"/> Рассчитать ионосферный индекс (IG) по заданому значению МНЧ (МГц) <input type="text" value="10,0"/>		
	<input type="button" value="Рассчитать"/>		

Приложения

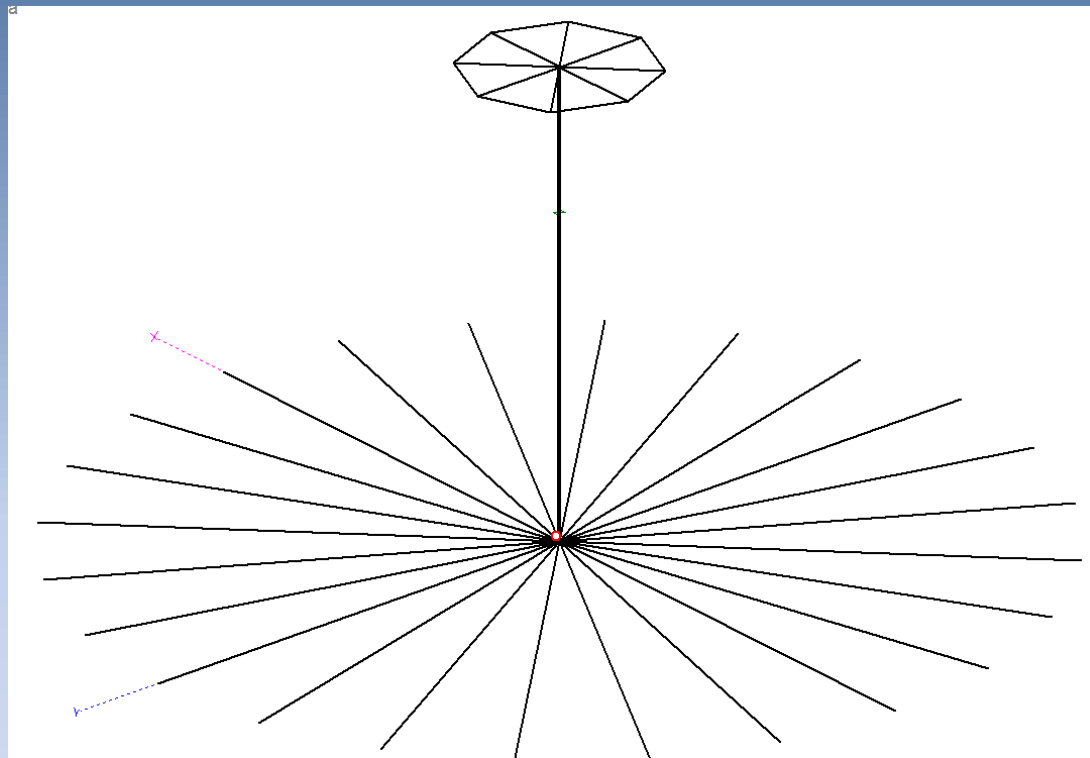


Приемник «Фрегат» обеспечивает прием сигналов системы NAVTEX на частотах – 490 кГц, 518 кГц и 4209,5 кГц.



Важным элементом системы обеспечения безопасности мореплавания, является функционирование Глобальной морской системы связи при бедствии (ГМССБ), в том числе её составной части - международной автоматизированной системы оповещения NAVTEX.

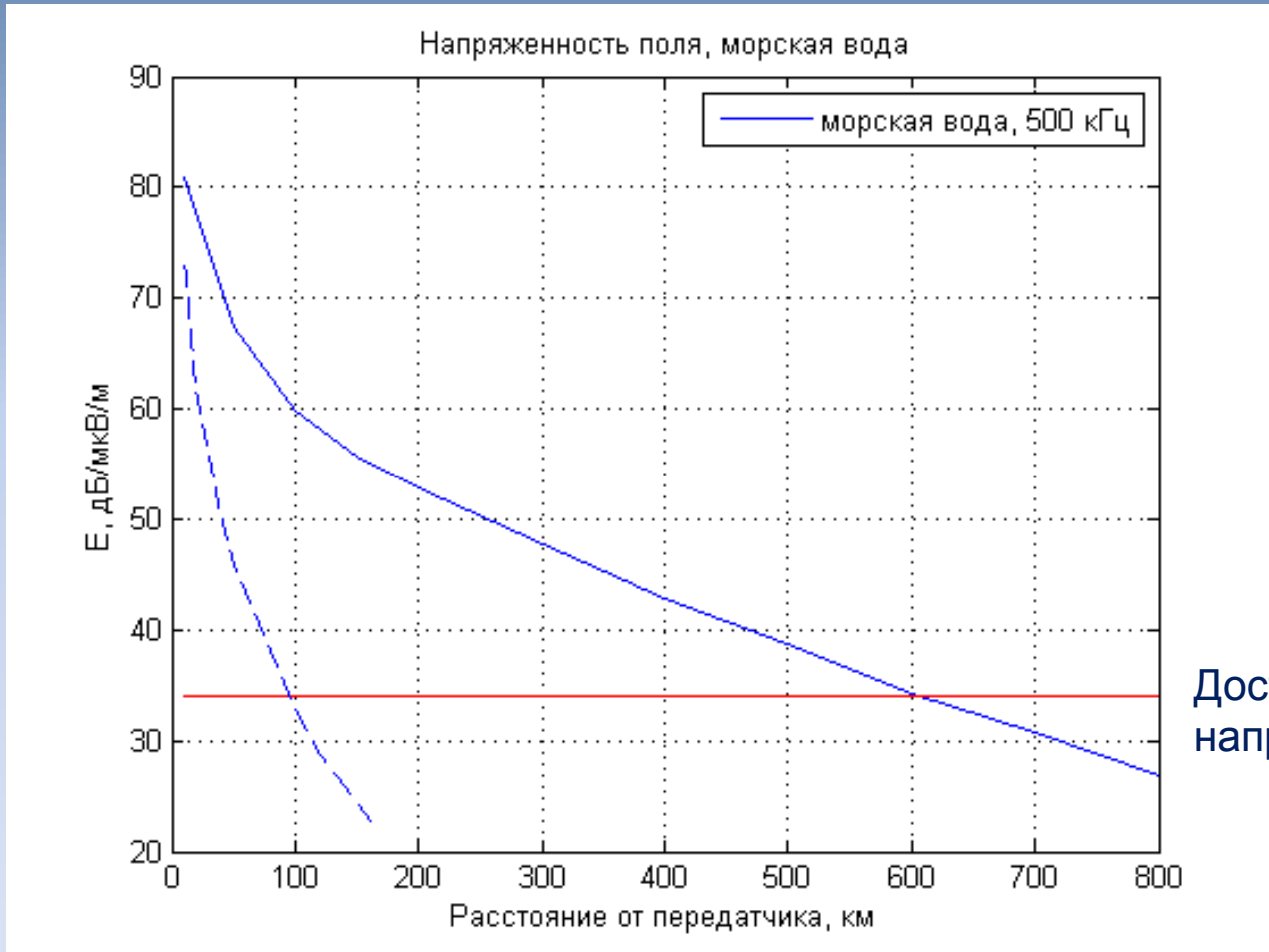
Модель антенны АЗТБ-20



Передающая антенна АЗТБ-20 представляет собой мачту высотой 20 м с емкостной нагрузкой – «зонтиком» диаметром 8 м.
В основании мачты установлены 20 противовесов по 20 м каждый.

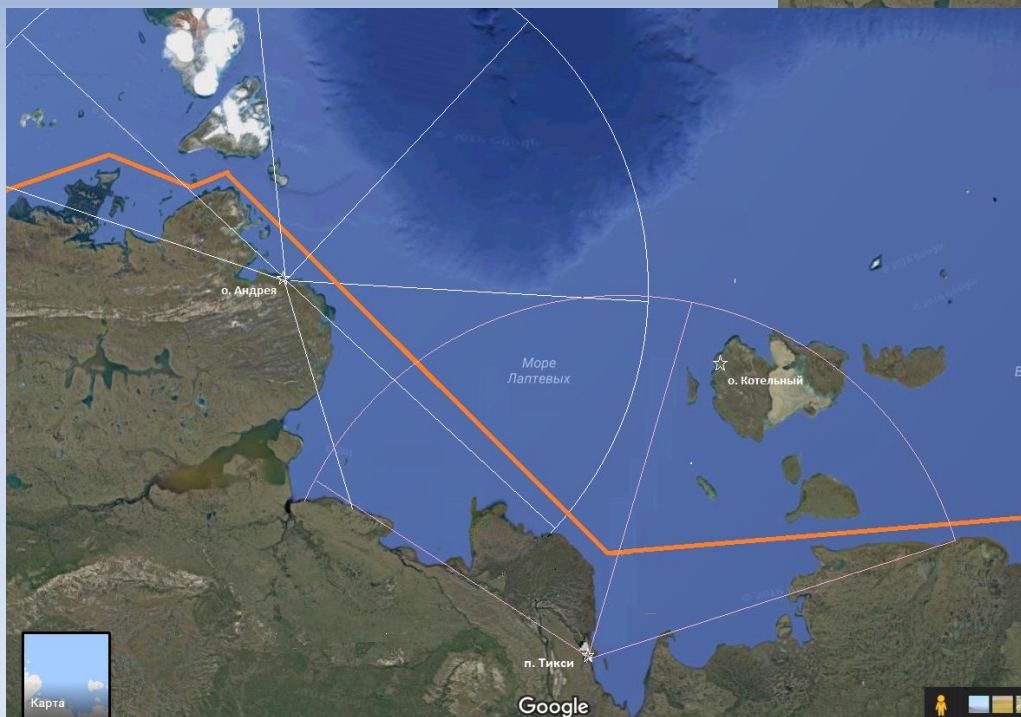
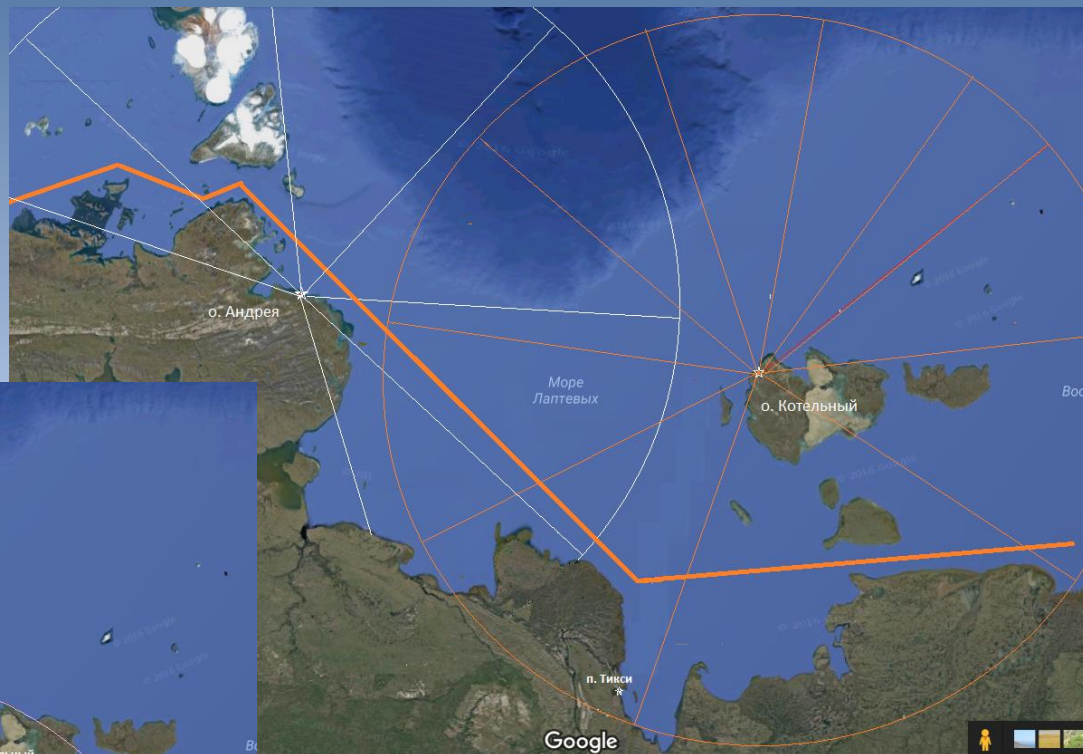
Кривые распространения земной волны частотой 500 кГц

(для распространения над морем моря ($\sigma=5$ См/м, $\epsilon=70$) – сплошная линия и для распространения над мерзлым грунтом ($\sigma=5$ См/м, $\epsilon=0,01$) – пунктирная линия)

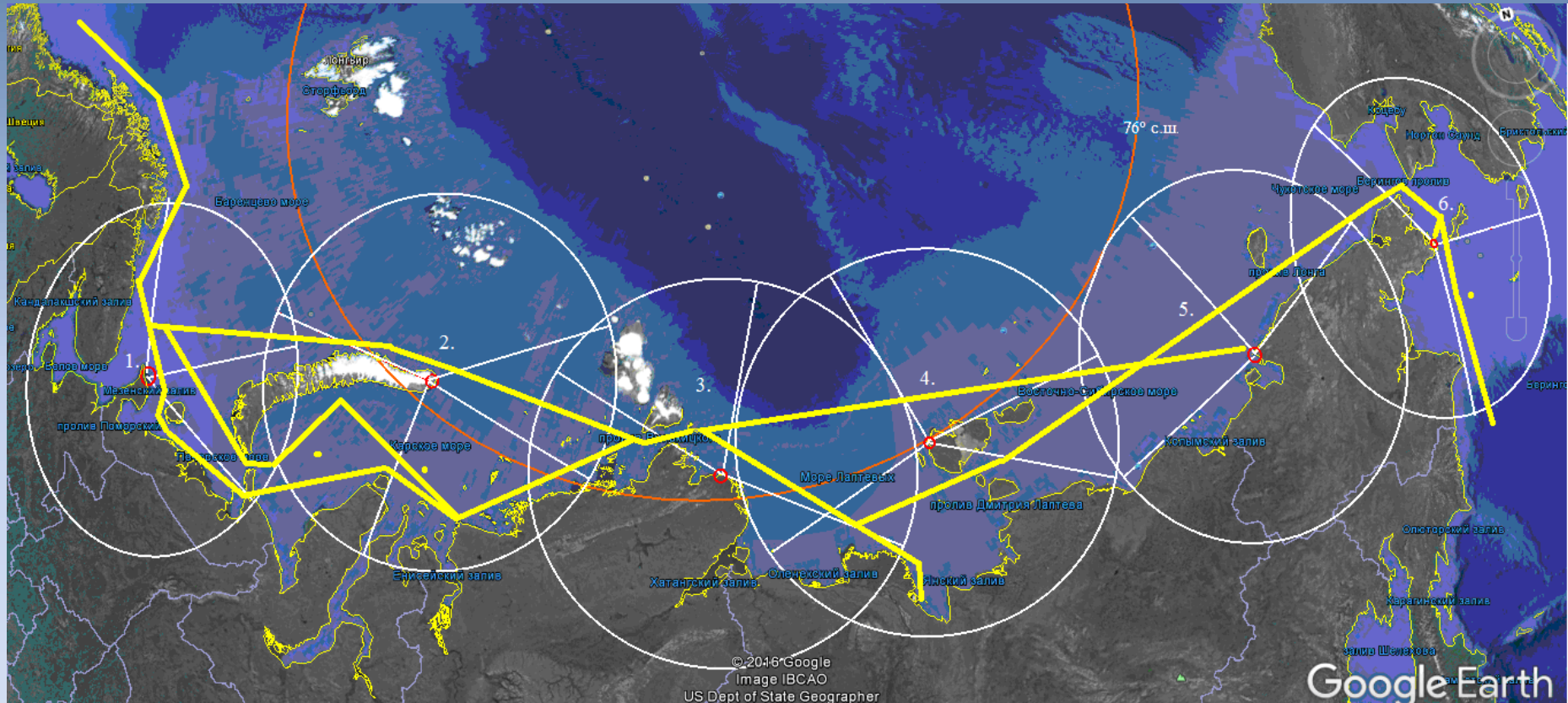


Достаточный уровень напряженности поля

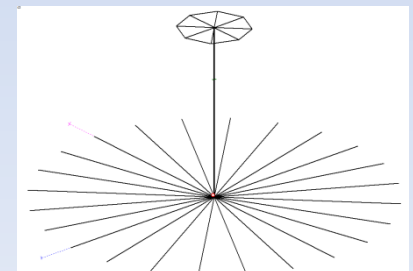
Расположение станций Навтекс



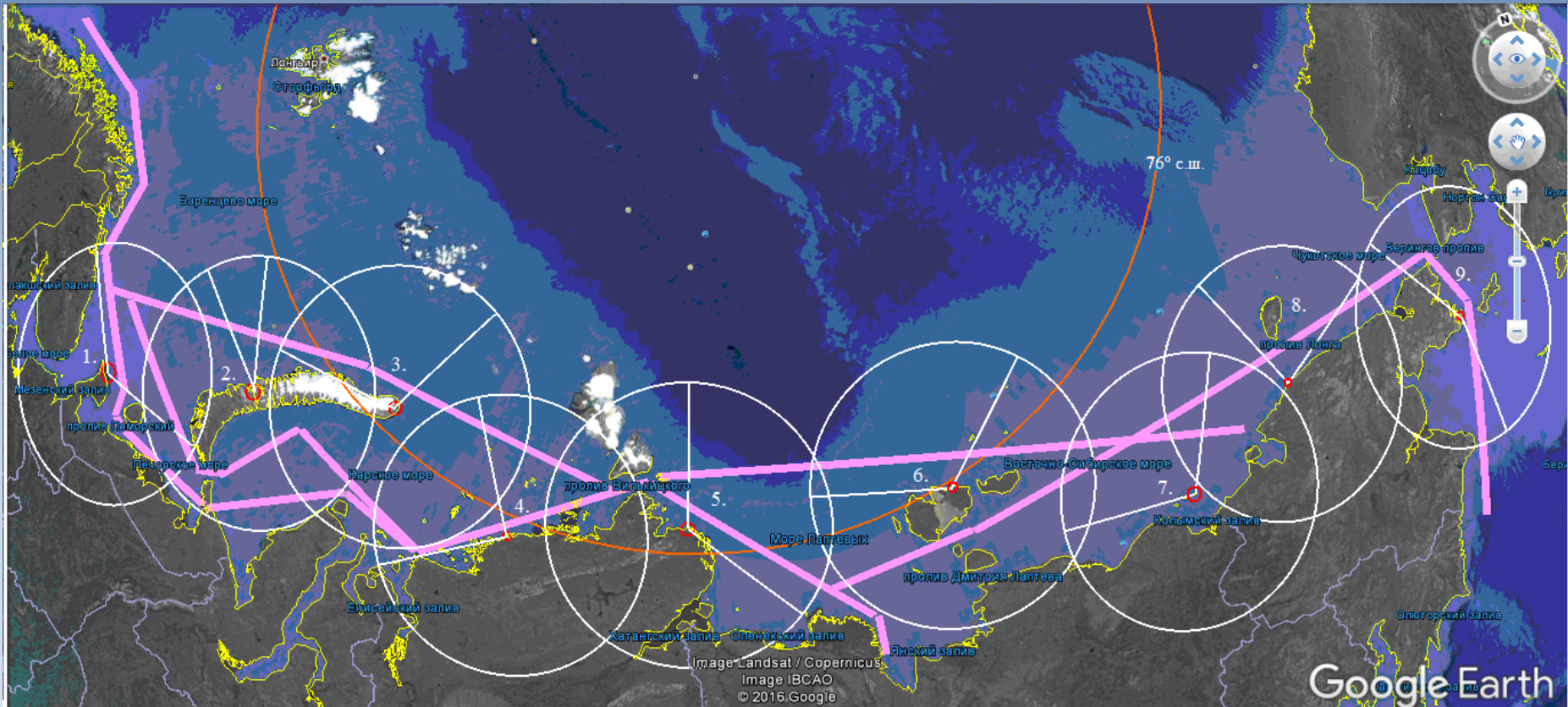
Расположение станций Навтекс



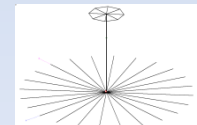
Зоны обслуживания базовых станций при использовании антенн высотой 20 м



Расположение станций Навтекс



**Зоны обслуживания базовых станций при
использовании антенн высотой 10 м**





Конструктивные решения

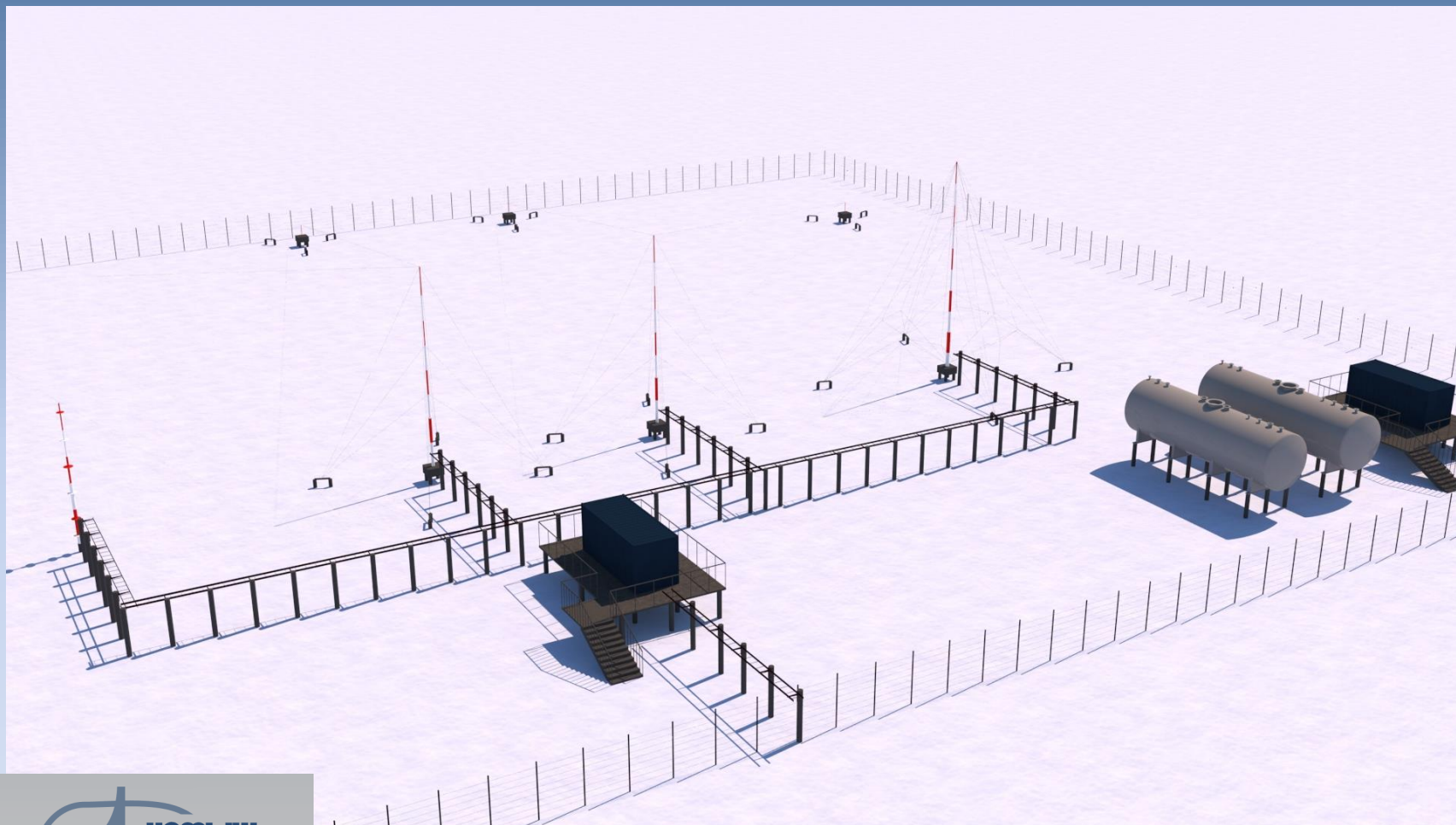




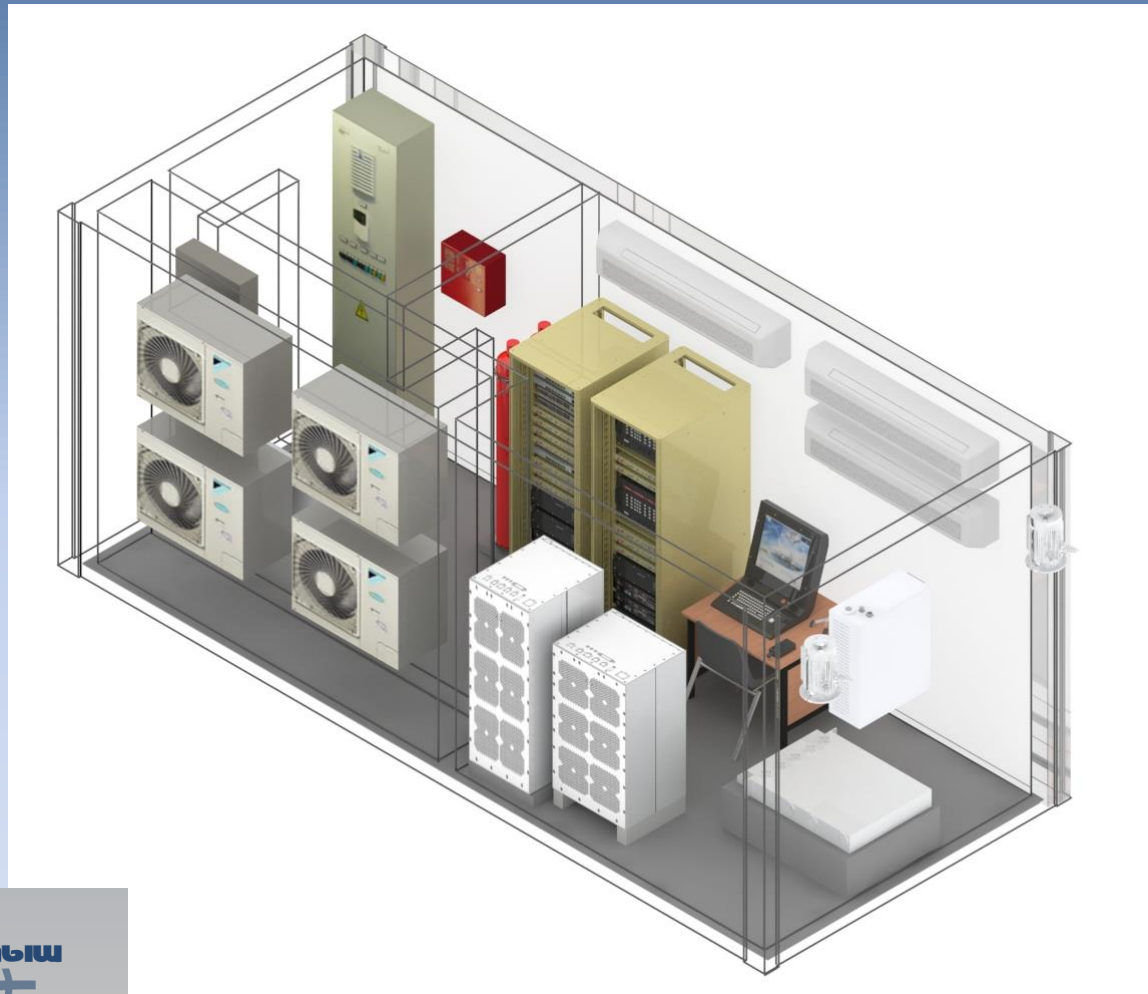
УСКТ – узел связи контейнерного типа



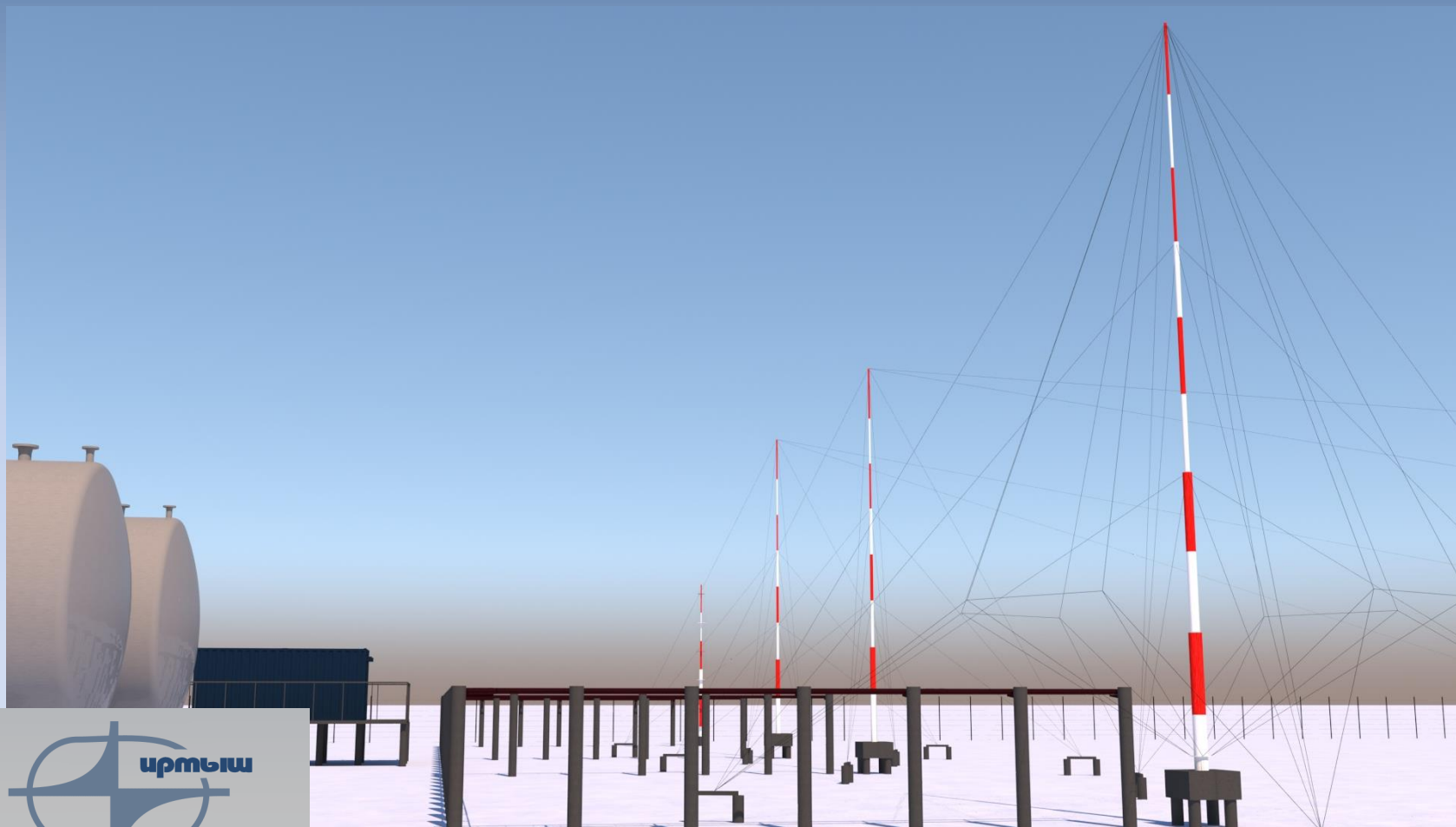
Фрагмент передающего радиоцентра



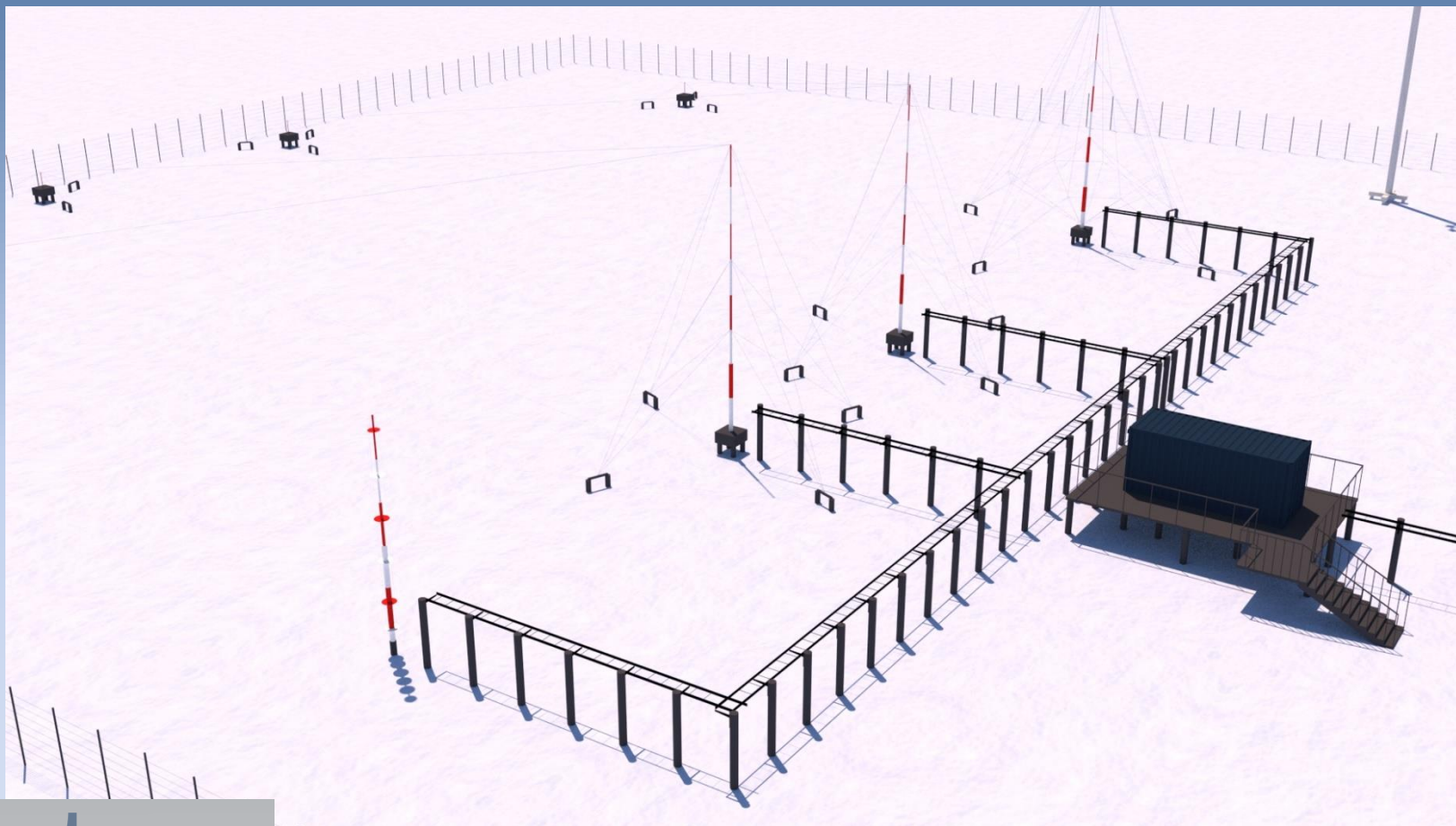
Модель передающего радицентра



Модель передающего радицентра



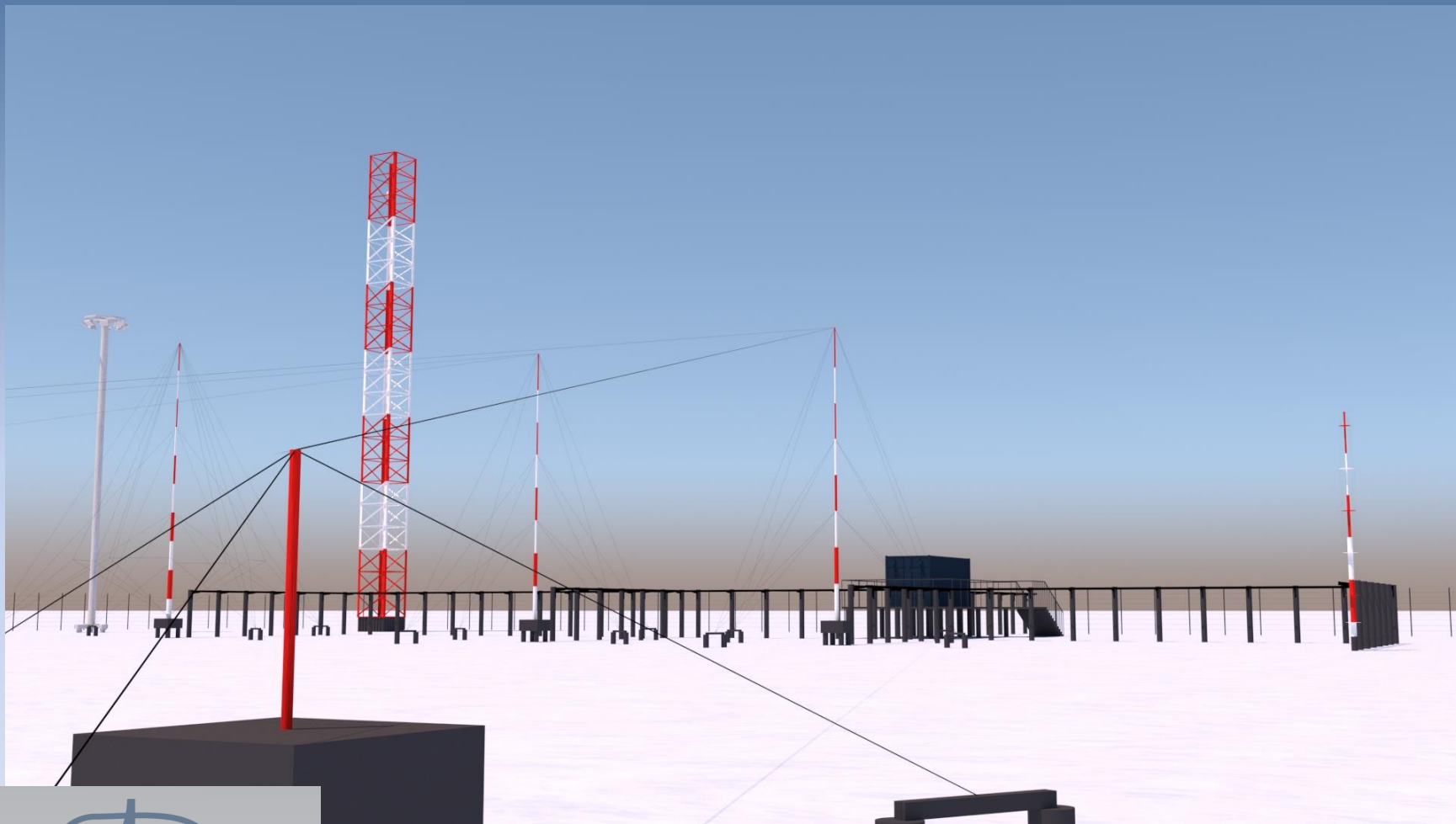
Антенны передающего радицентра



Модель приемного радицентра



Модель передающего радицентра



Антенны приемного радицентра

Выводы

- Радиосвязь между узловыми станциями, располагаемыми на Арктических территориях, предлагается реализовать **через вынесенные в южном направлении** КВ ретрансляторы.
- Дальность связи вблизи берега может быть многократно увеличена путем использования СВ ретранслятора (базовой станции), вынесенного в море.
- Проведенные расчеты показали, что площадь зоны обслуживания базовой станции СВ-ПВ диапазона вынесенной в море в ~40 - 70 раз превышает зону обслуживания БС, установленной вблизи берега.
- Максимальное расстояние выноса базовой станции в море рекомендуется ограничить дальностью в 10 км.
- При использовании антенн, разработанных в АО «ОНИИП», для передачи сигналов системы NAVTEX на Северном морском пути необходимо от 6 до 9 радиостанций.
- Приемный и передающий радиоцентры предлагается реализовать в виде УСКТ.

Литература

- Березовский В.А., Хазан В.Л., Зачатейский Д.Е. Сеть декаметровых радиосвязи для Арктического региона России// Морские информационно-управляющие системы, 2014, №3(6), С. 62-67.
- Давыдович А.В. Технологии цифровой радиосвязи в инфраструктуре цифровой экономики Сибири, Дальнего Востока и Крайнего Севера. Сборник докладов IV Международной научно-технической конференции «Радиотехника, электроника и связь». 2017. С. 26–31.
- Зачатейский Д.Е., Юрьев А.Н. Система СВ-ПВ радиосвязи с ретранслятором морского базирования// Техника радиосвязи / Омский НИИ приборостроения. – 2013. – Вып. 2(20). – С. 3-12.
- Юрьев А.Н., Хазан В.Л., Фомин В.В. Построение зонных систем связи на основе применения гектометровых радиоканалов // Успехи современной радиоэлектроники. 2012, №11. С. 32-40.
- Шадрин Б.Г., Дворянчиков В.А., Зачатейский Д.Е. Повышение надежности передачи данных в системах связи, эксплуатируемых в арктических районах // «Радиотехника, электроника и связь» // Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции, 2017, С. 98-104
- Зачатейский Д.Е., Шадрин Б.Г., Петухов Е.В., Юрьев А.Н. Анализ мешающего влияния ионосферной радиоволны при работе системы связи по поверхностной волне // Техника радиосвязи. – Омск. – Омский НИИ приборостроения. - Вып. 9. – 2004. – С. 27 – 36.
- Валл А.П., Юрьев А.Н. Варианты размещения станций NAVTEX, укомплектованных антеннами АЗТБ-20 и АЗТБ-10, вдоль Северного морского пути// «Радиотехника, электроника и связь» // Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции, 2017, С. 255-264.



ОМСКИЙ НИИ

ОНЦИР

ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

ДАЛЬНЯЯ РАДИОСВЯЗЬ.
АППАРАТУРА И КОМПЛЕКСЫ.

