



СЕВЕРНЫЙ (АРКТИЧЕСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА

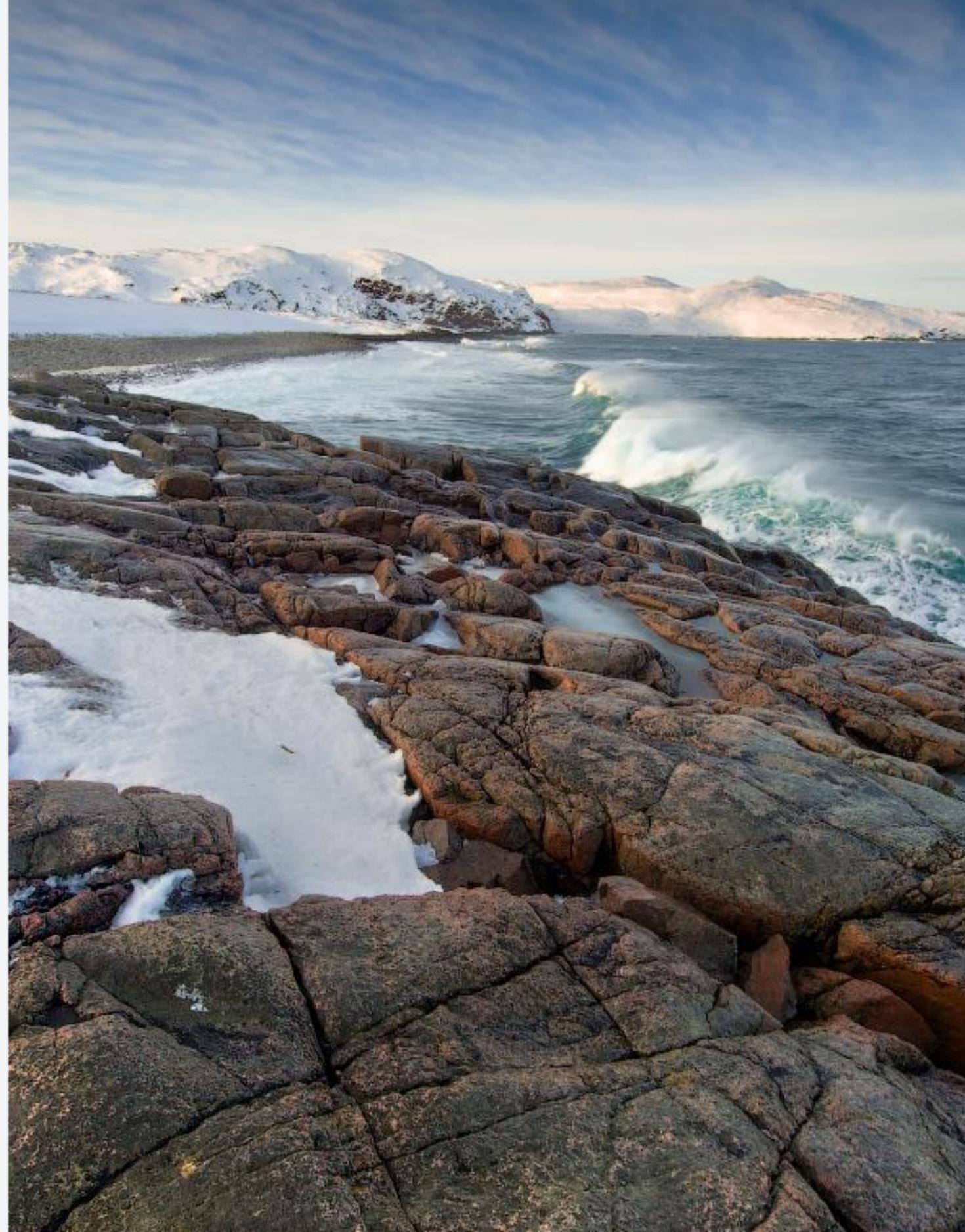


# ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА для Крайнего Севера

Павел Марьяндышев

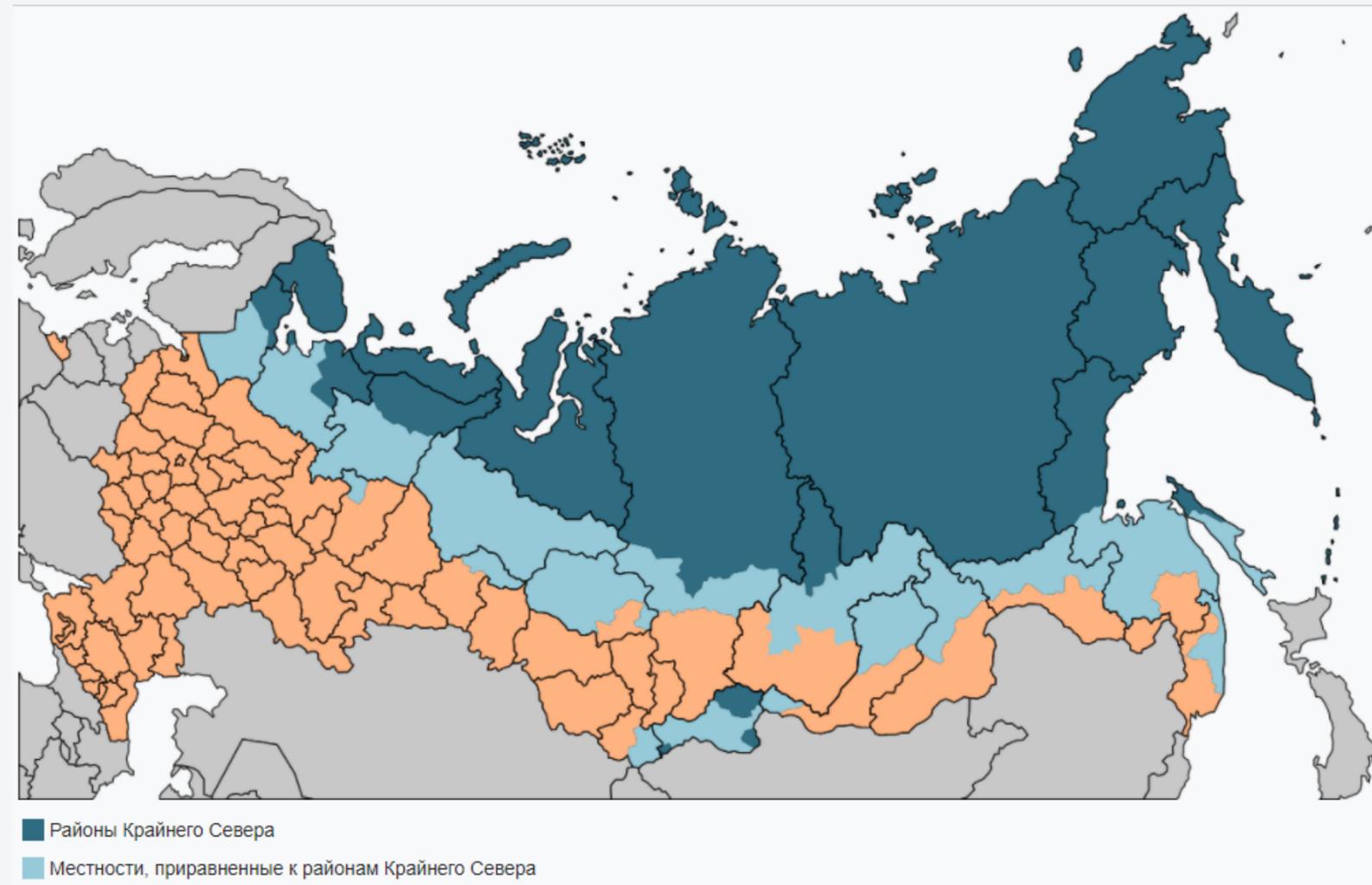
Профессор кафедры теплоэнергетики и теплотехники

---

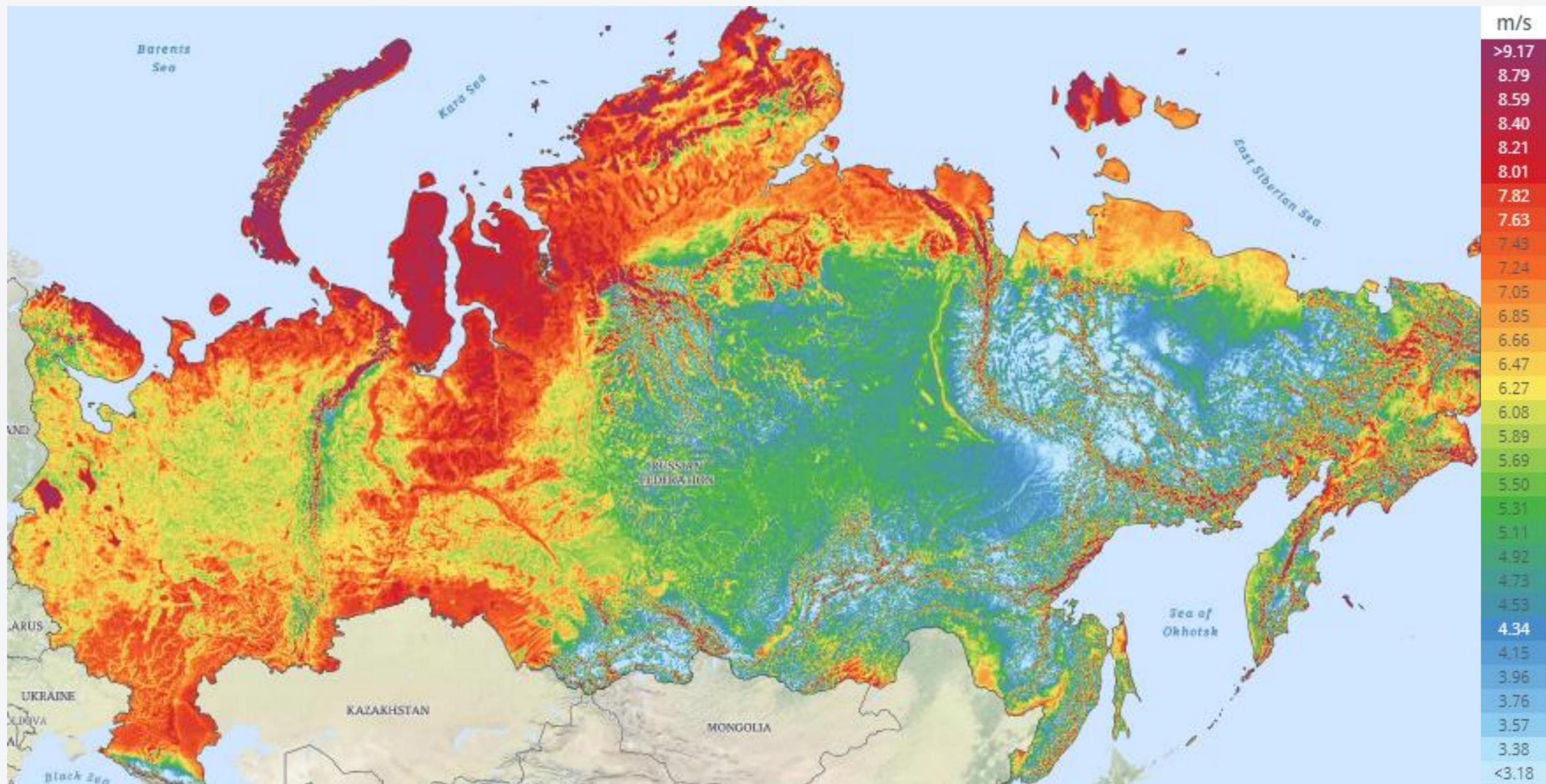




**Карта сетей централизованного электроснабжения**



**Карта Крайнего Севера России**



## Карта ветроэнергетических ресурсов России

Производство электроэнергии удаленными дизельными электростанциями 15 миллиардов кВтч ежегодно.

Общая выработка ветровой энергии в 2019 году составила 0,3 млрд кВтч.

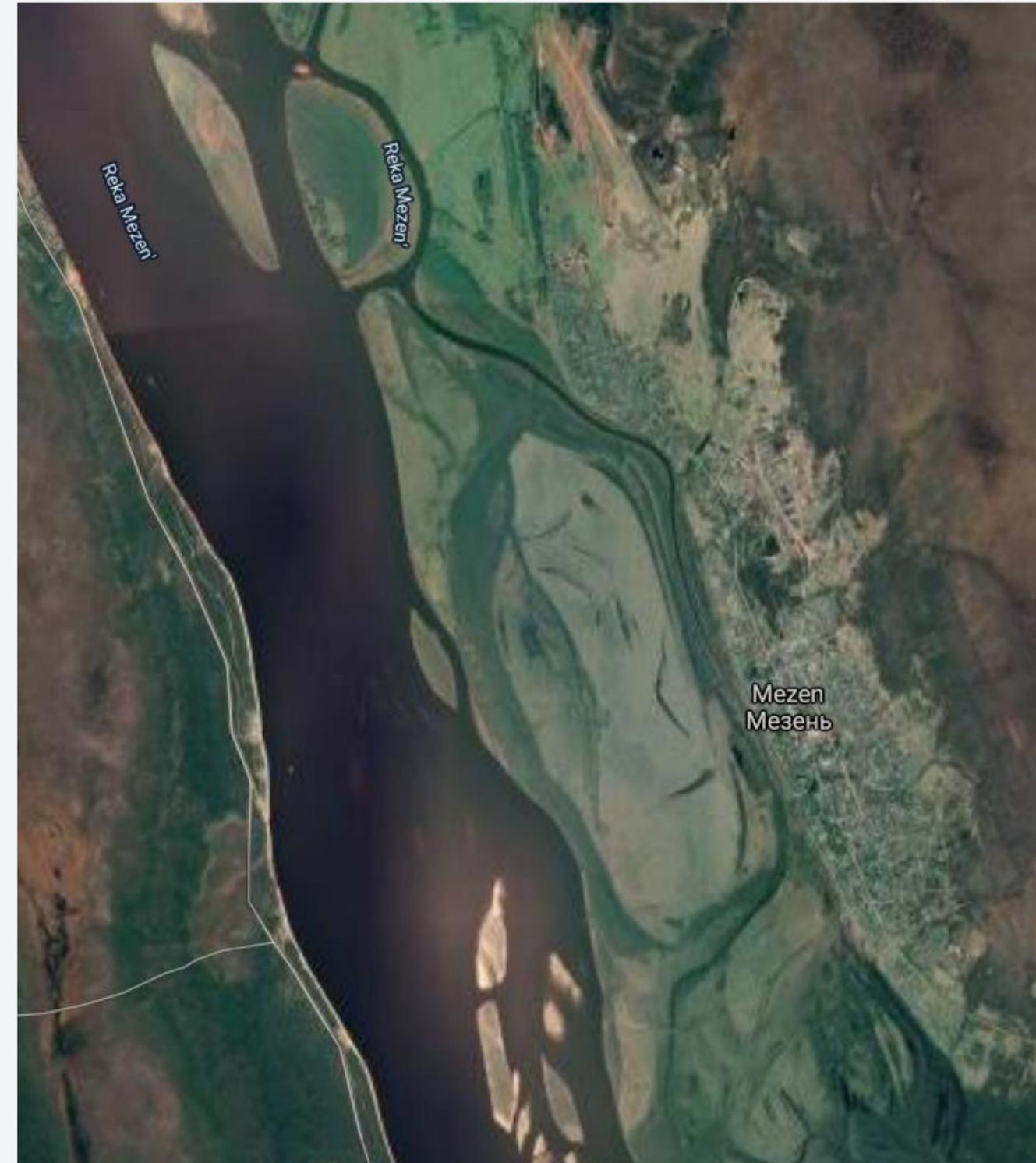




# Пилотные изучения

## ГОРОД МЕЗЕНЬ

Численность населения города около 3,000 человек



МЕЗЕНЬ

# Пилотные изучения

## ГОРОД МЕЗЕНЬ

Дизельная электростанция.

Доставка топлива осуществляется автомобильным и водным транспортом.



МЕЗЕНЬ

# Пилотные изучения

## О - В Я Г Р Ы

Численность населения около 180,000 человек

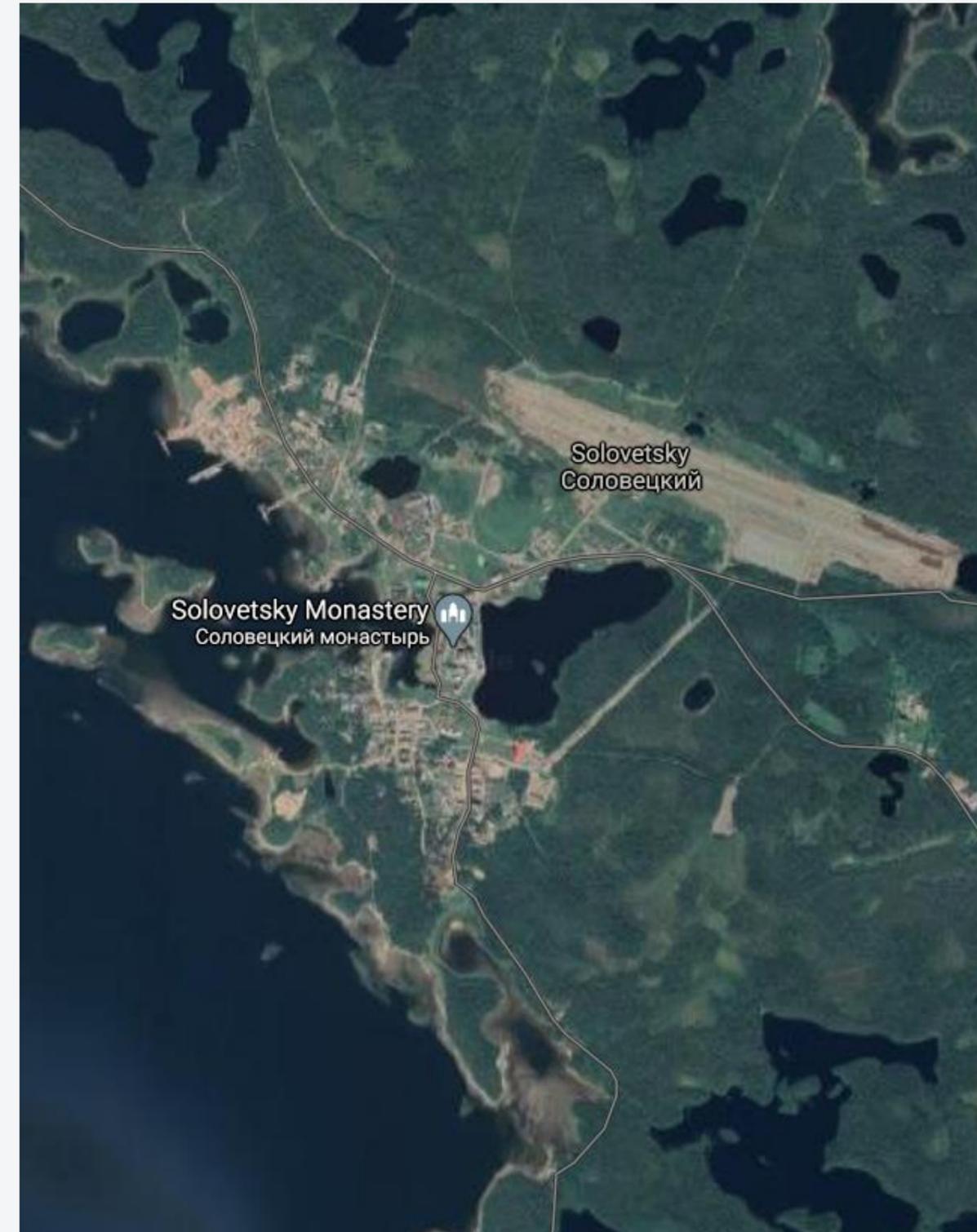
Две теплоэлектростанции



О с т р о в Я г р ы

# Пилотные изучения СОЛОВЕЦКИЕ ОСТРОВА

Численность населения – около 1,000 человек



СОЛОВЕЦКИЕ ОСТРОВА

# Энергоснабжение



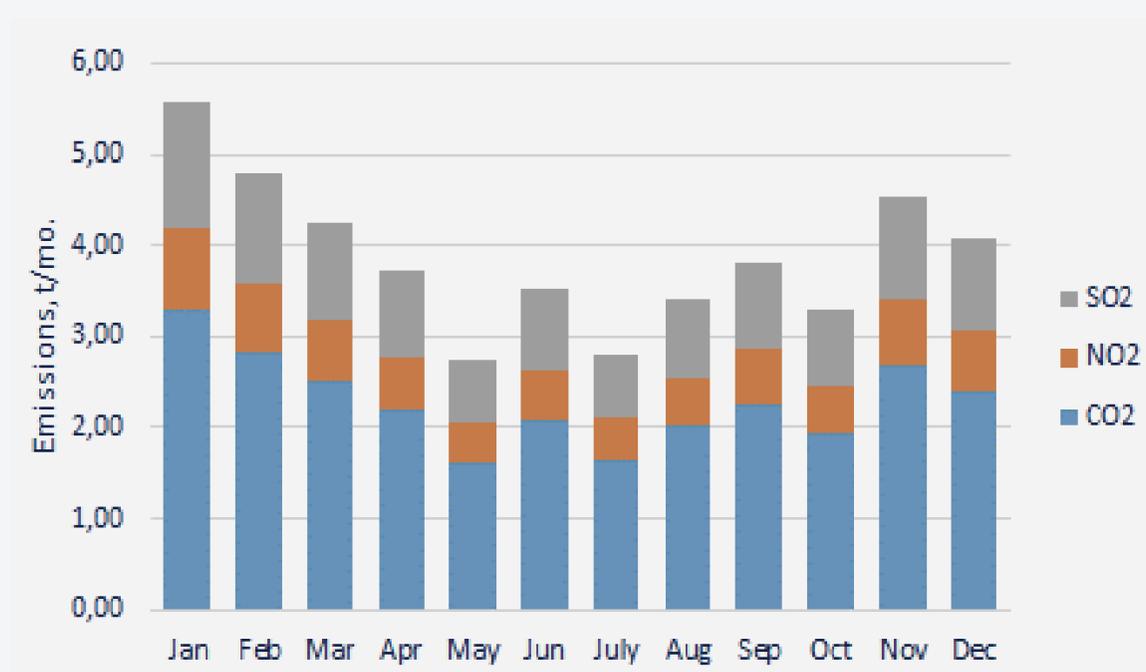
Дизельные цистерны

Способ доставки

Основные виды топлива -  
дизельное топливо и  
дизельное масло.

Дизельное топливо  
доставляется на  
архипелаг во время  
морской навигации (с мая  
по октябрь)

# ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ



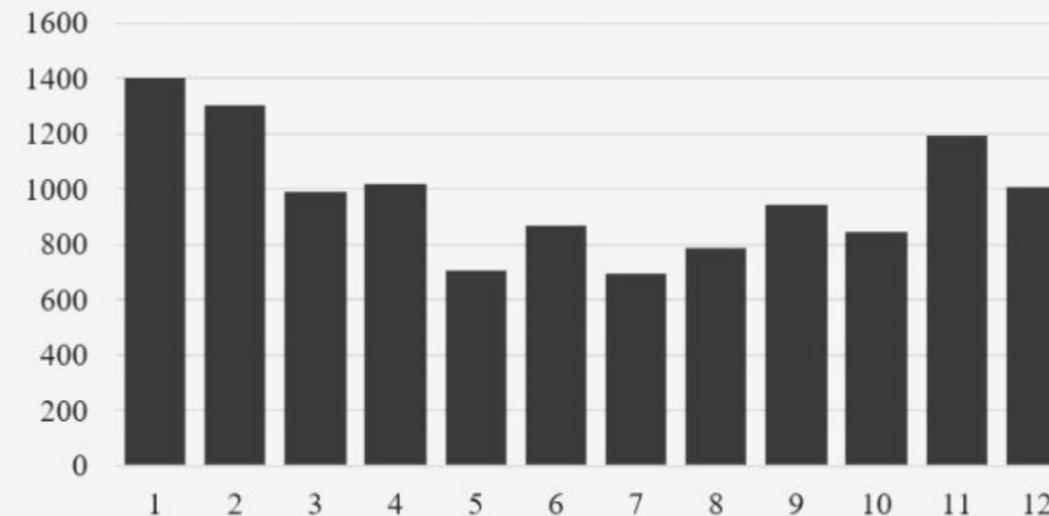
Ежемесячные выбросы загрязняющих веществ (2016)

Две дизельные электростанции

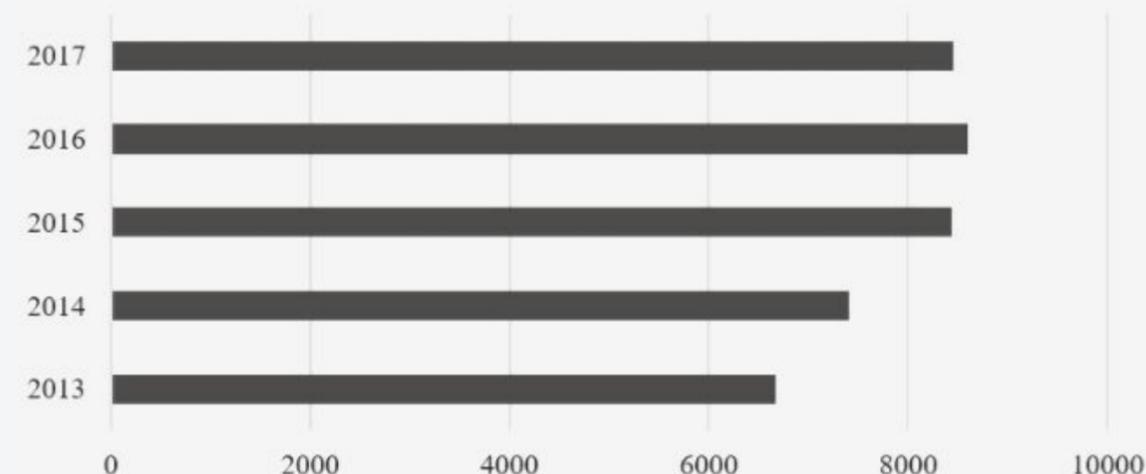
Оборудован шестью дизель-генераторными установками Cummins

Суммарная мощность агрегатов - 6,2 МВт.

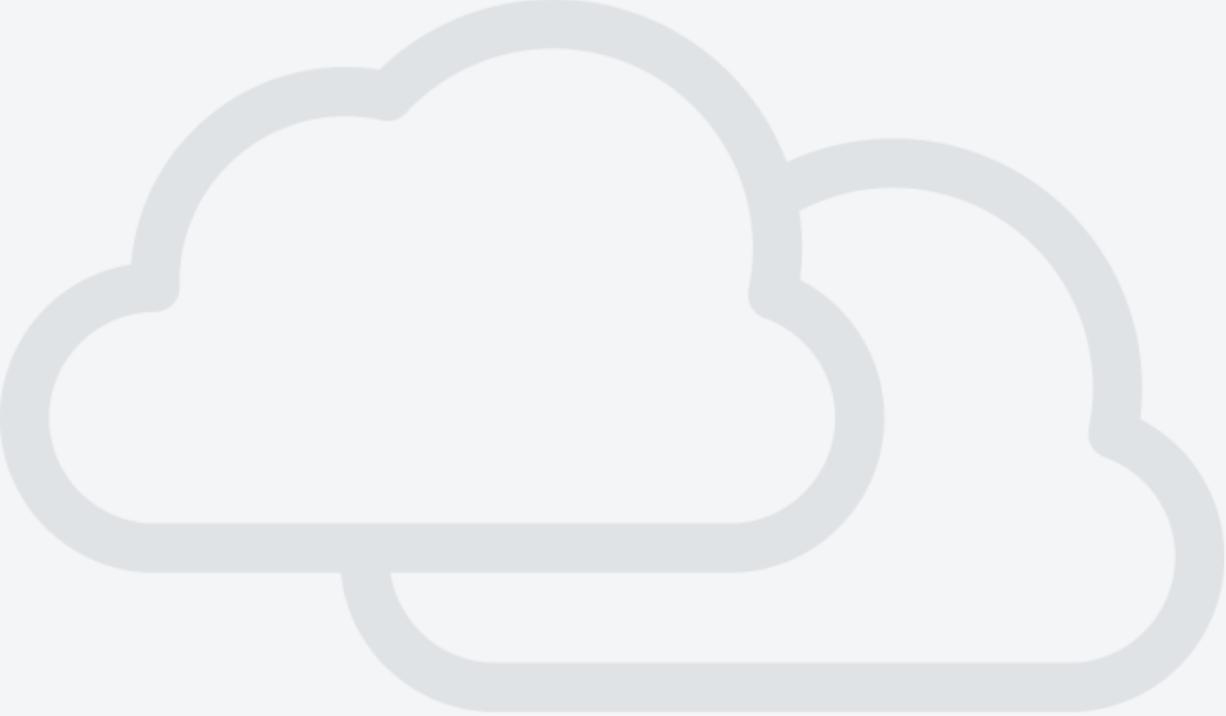
Зимой до 50% электрической нагрузки приходится на электроотопление зданий.



Среднемесячная электрическая мощность, кВт (2016)



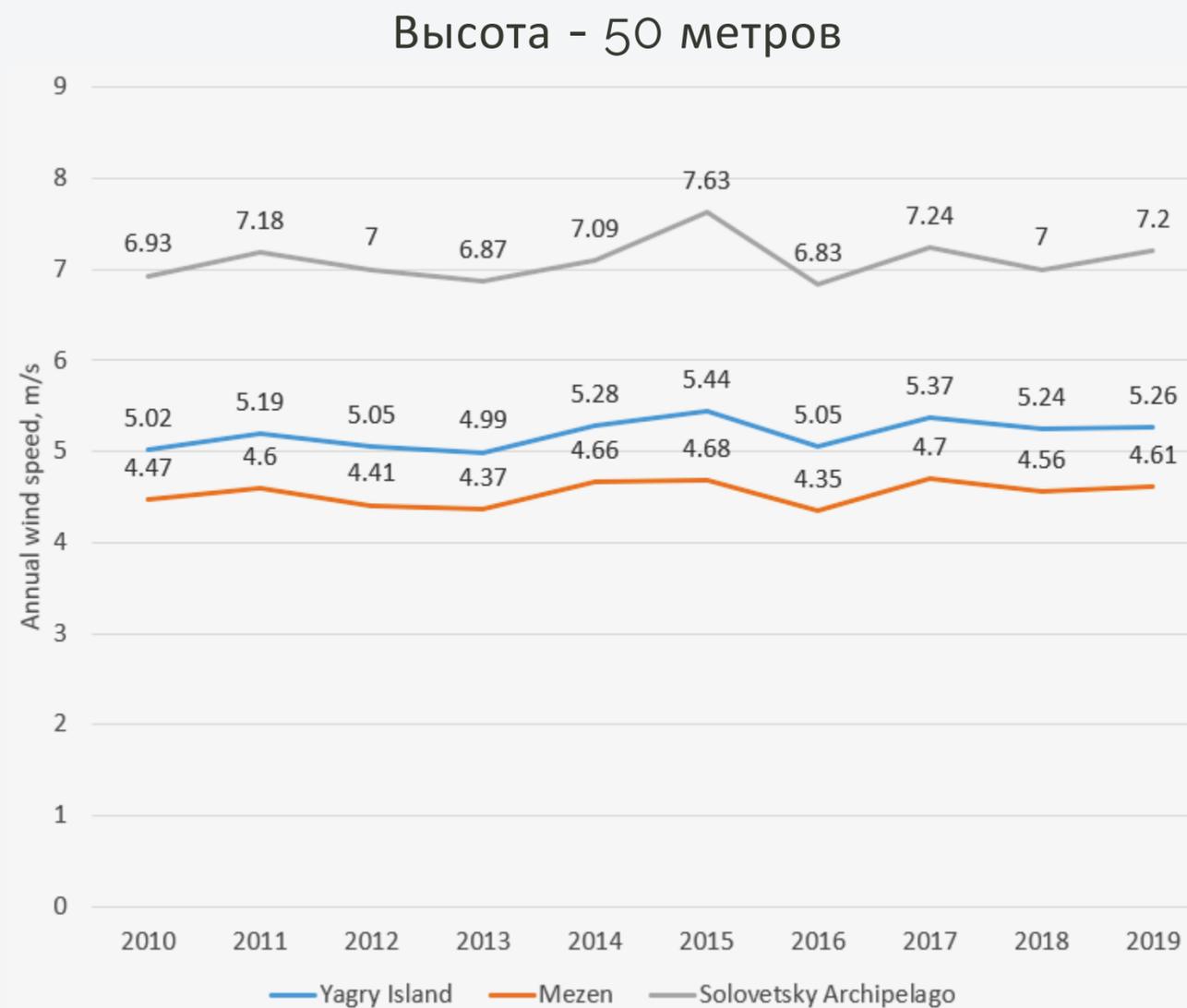
Производство электроэнергии, МВтч



# Анализ скорости ветра

Скорость ветра измерялась ежедневно на протяжении 2010 - 2019 гг.

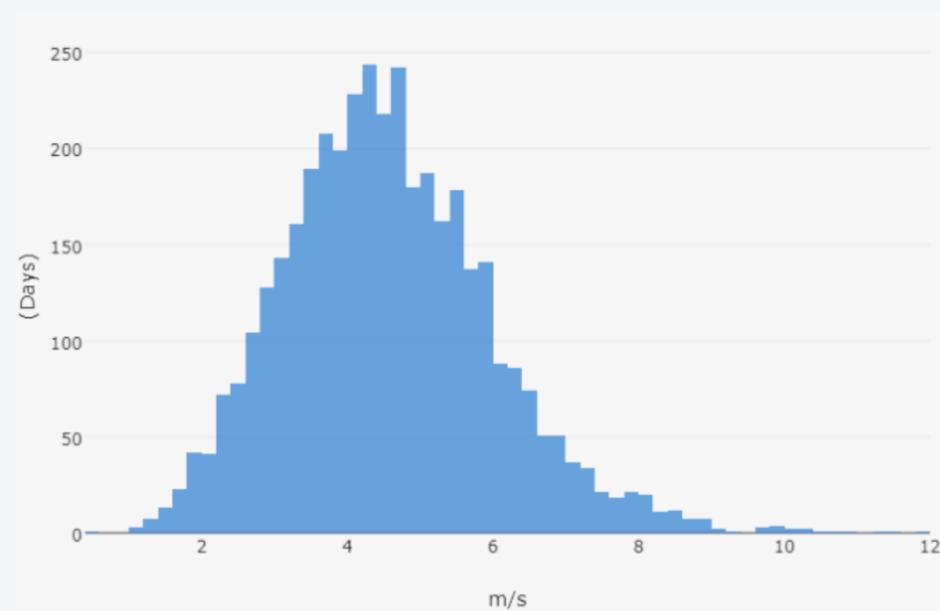
Использованы данные спутников из базы данных NASA.



# Распределение скоростей ветра

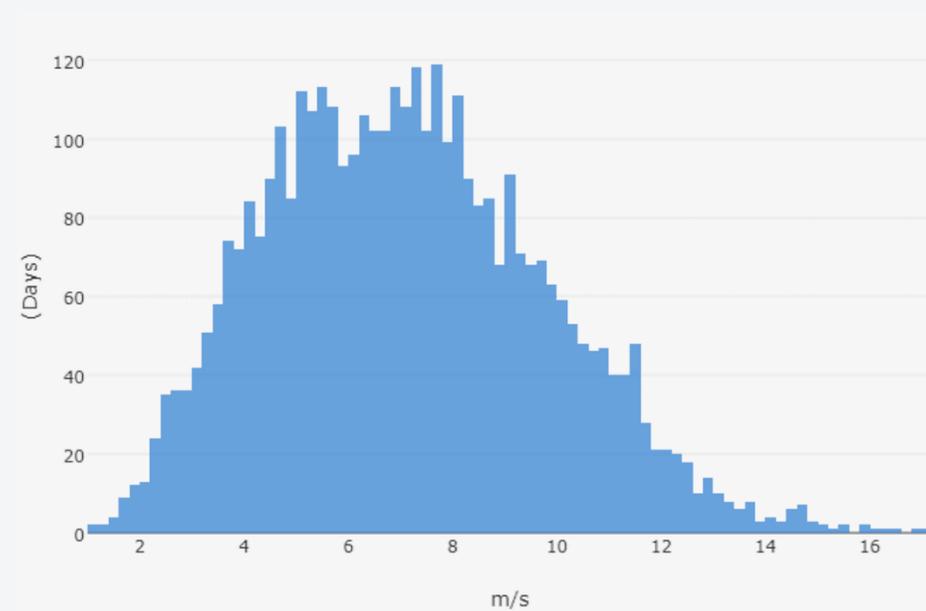
## МЕЗЕНЬ

Высота - 50 метров



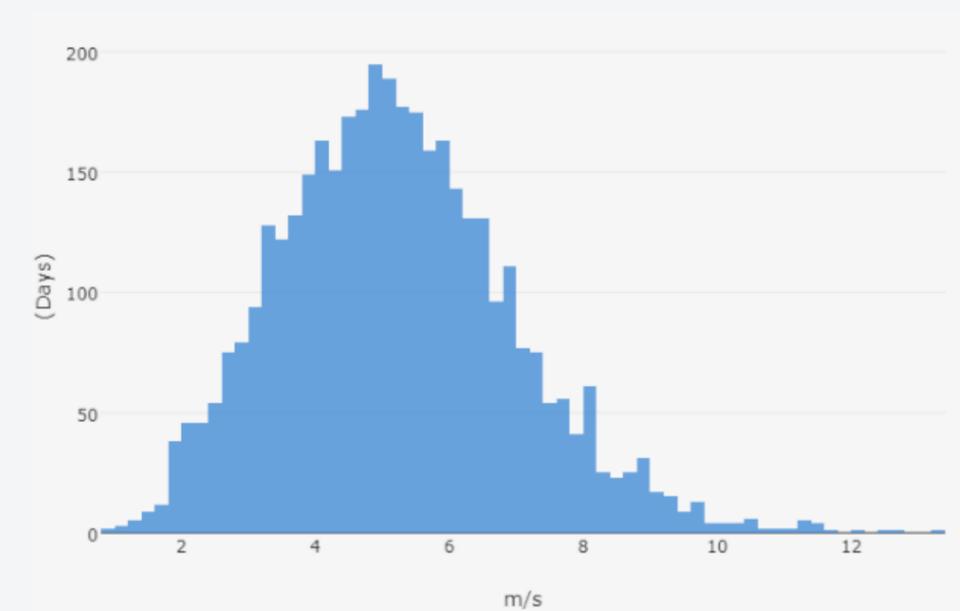
## СОЛОВЕЦКИЕ ОСТРОВА

Высота - 50 метров



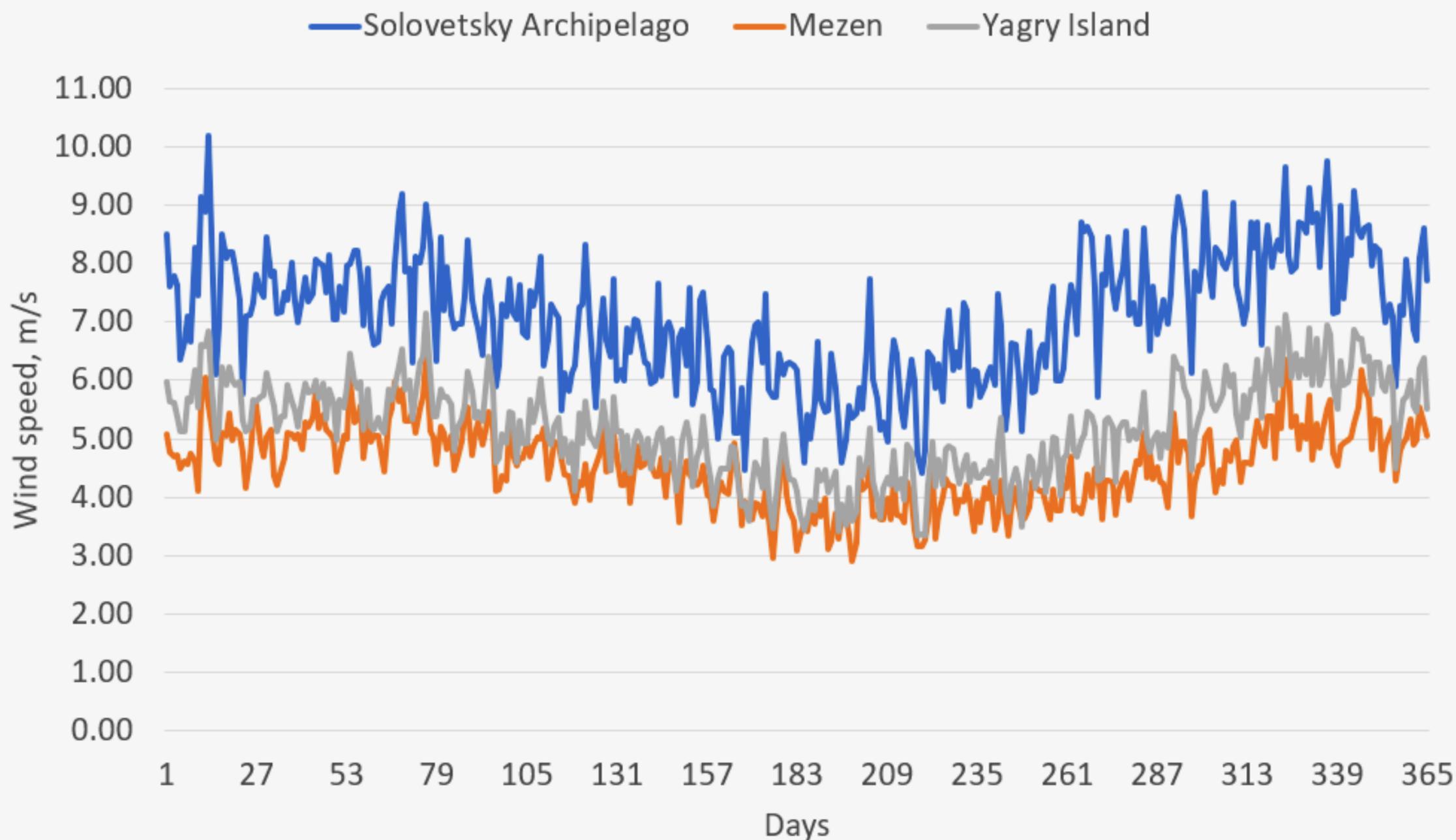
## ОСТРОВ ЯГРЫ

Высота - 50 метров



# Вариации скорости ветра

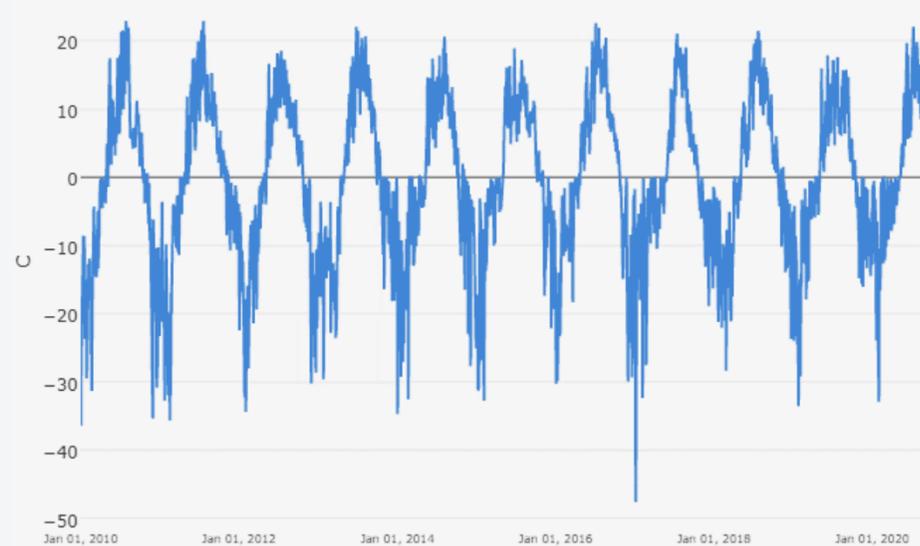
Средние на 10 лет наблюдений  
Высота 50 метров



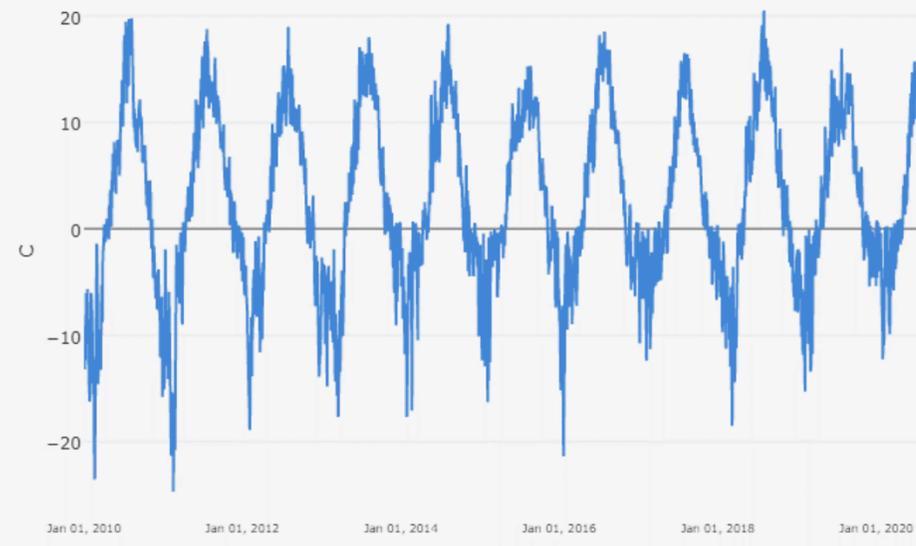
# Анализ температуры воздуха

Графики колебания температуры  
воздуха

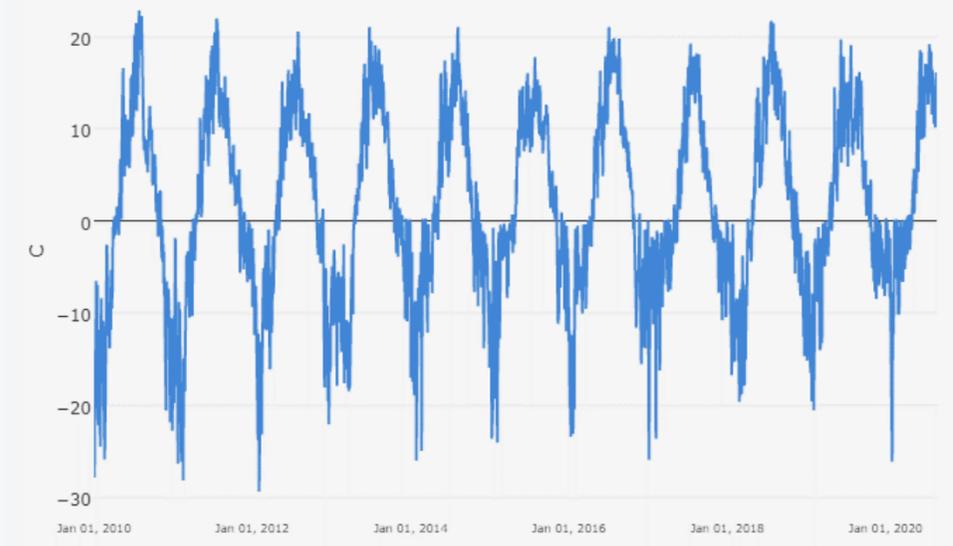
## МЕЗЕНЬ



## СОЛОВЕЦКИЕ ОСТРОВА

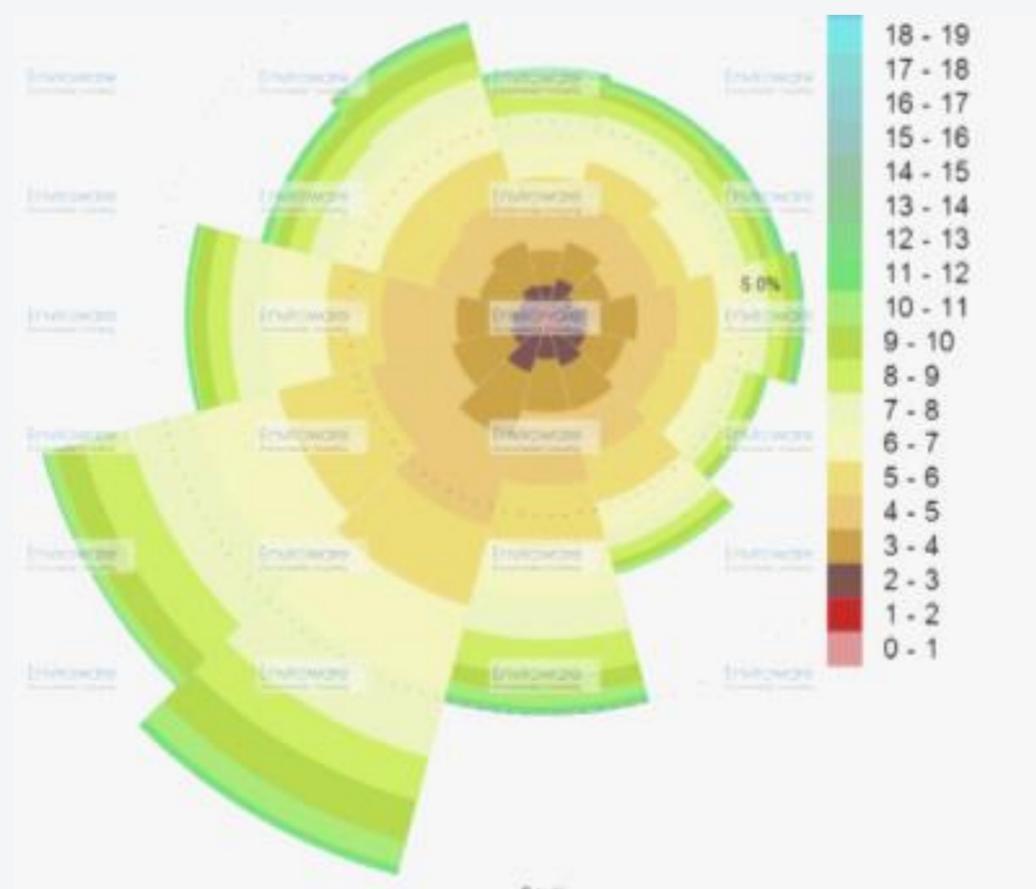


## ОСТРОВ ЯГРЫ

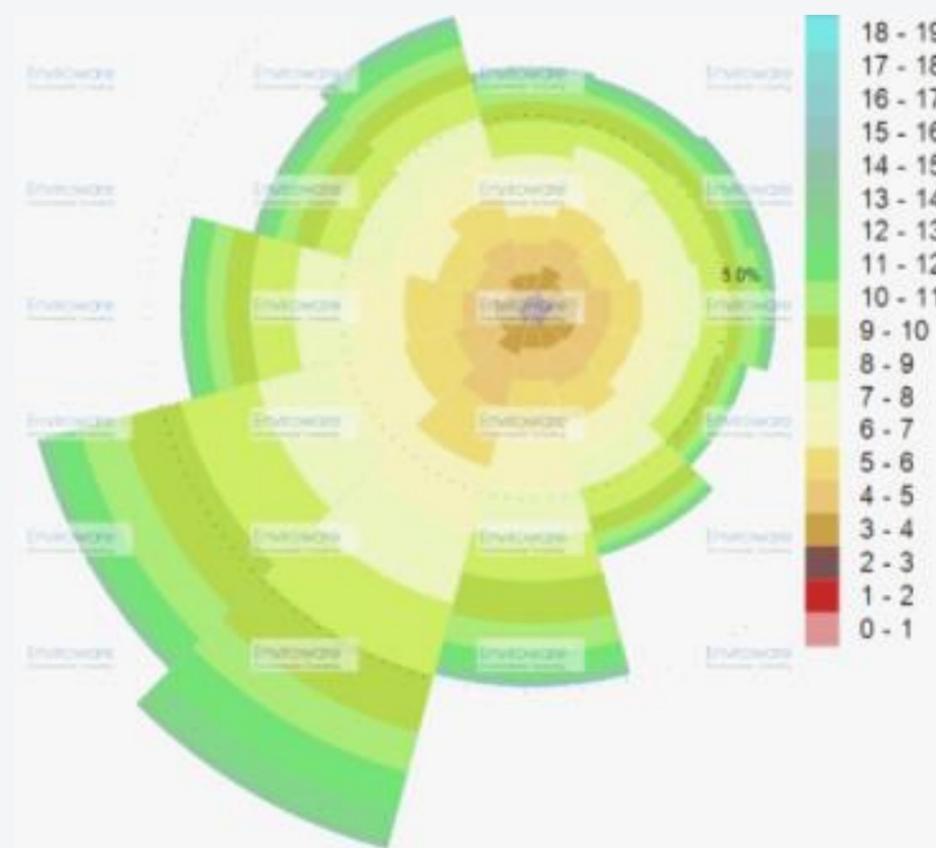


# Анализ скорости ветра

## СОЛОВЕЦКИЕ ОСТРОВА



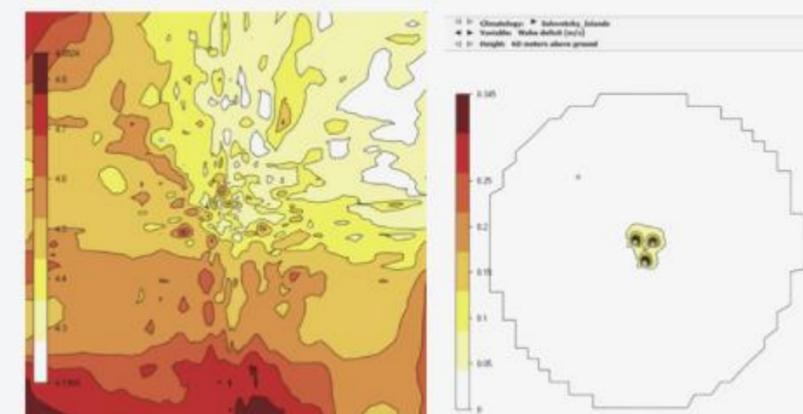
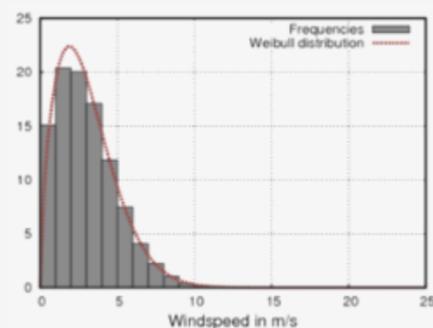
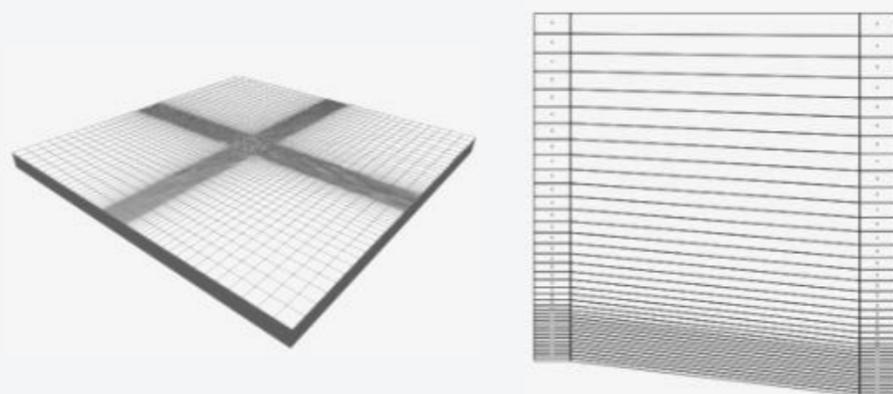
Средняя скорость ветра на 10 м - 5,7 м/с



Средняя скорость ветра на 50 м - 7,1 м/с

# Моделирование

## ПРОГРАМНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ WINDSIM



3D МОДЕЛЬ МЕСТНОСТИ

Генерация ветрового  
поля и проектирование  
ветропарка

Результаты

Удаленность от культурных и исторических мест

Открытая территория без зеленых насаждений

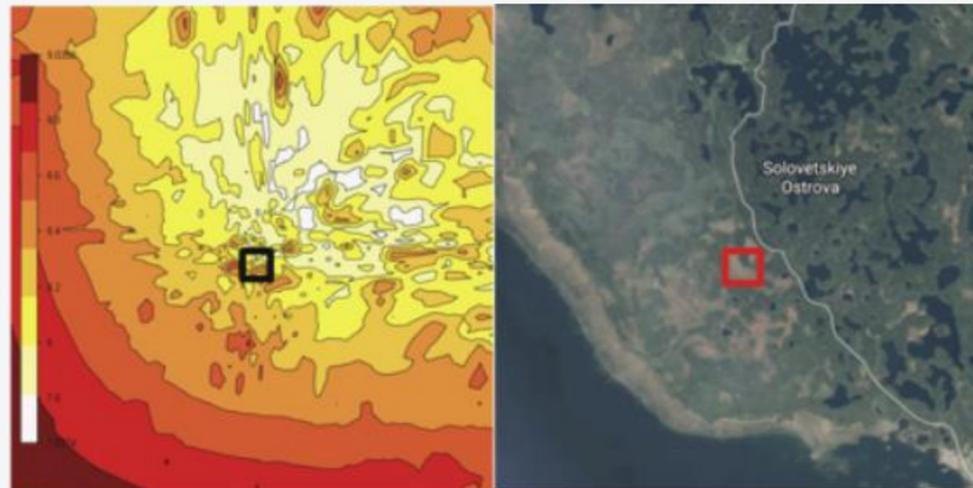
Близость автомобильных дорог



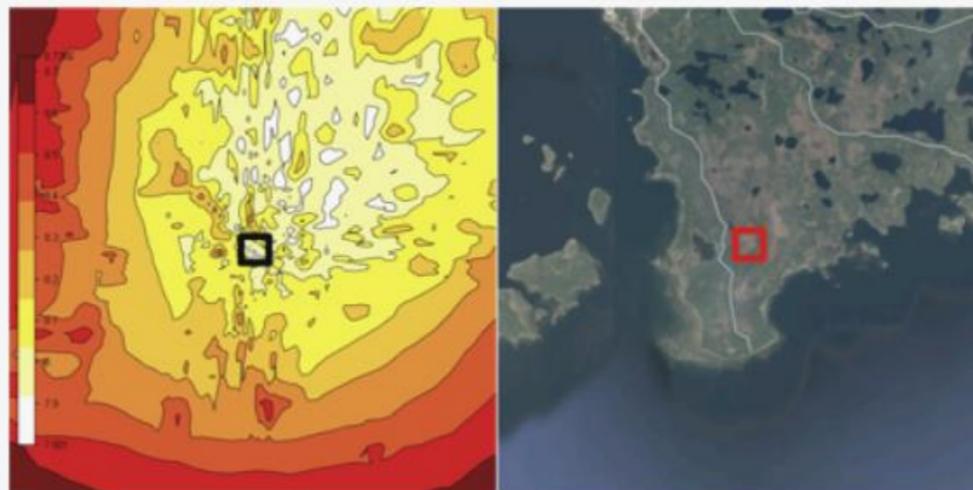
# Моделирование

местоположений  
ветропарков

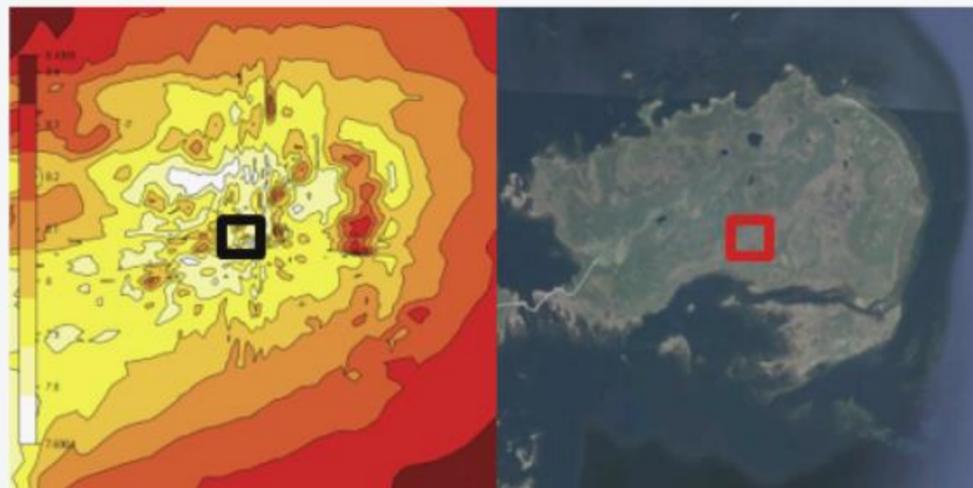
КАРТЫ  
ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ  
РЕСУРСОВ



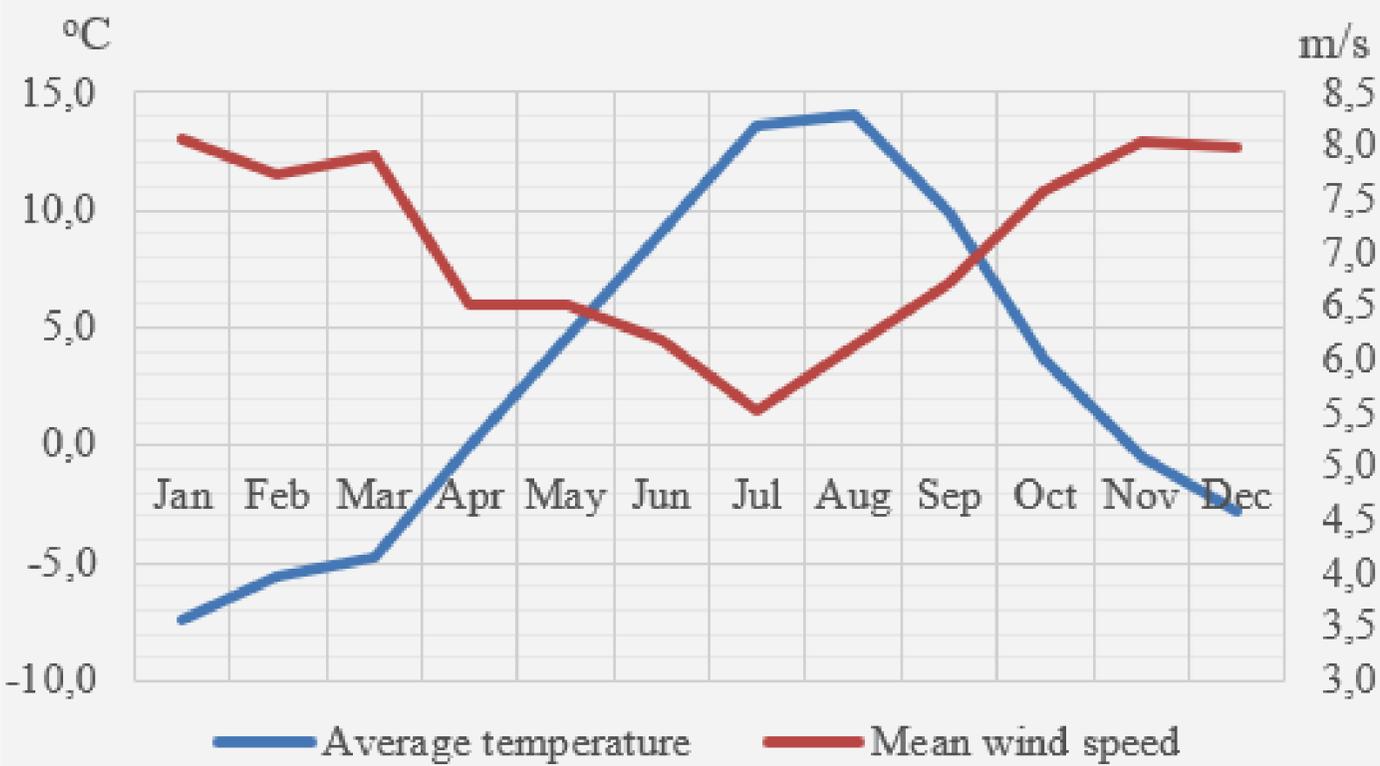
Локация 1



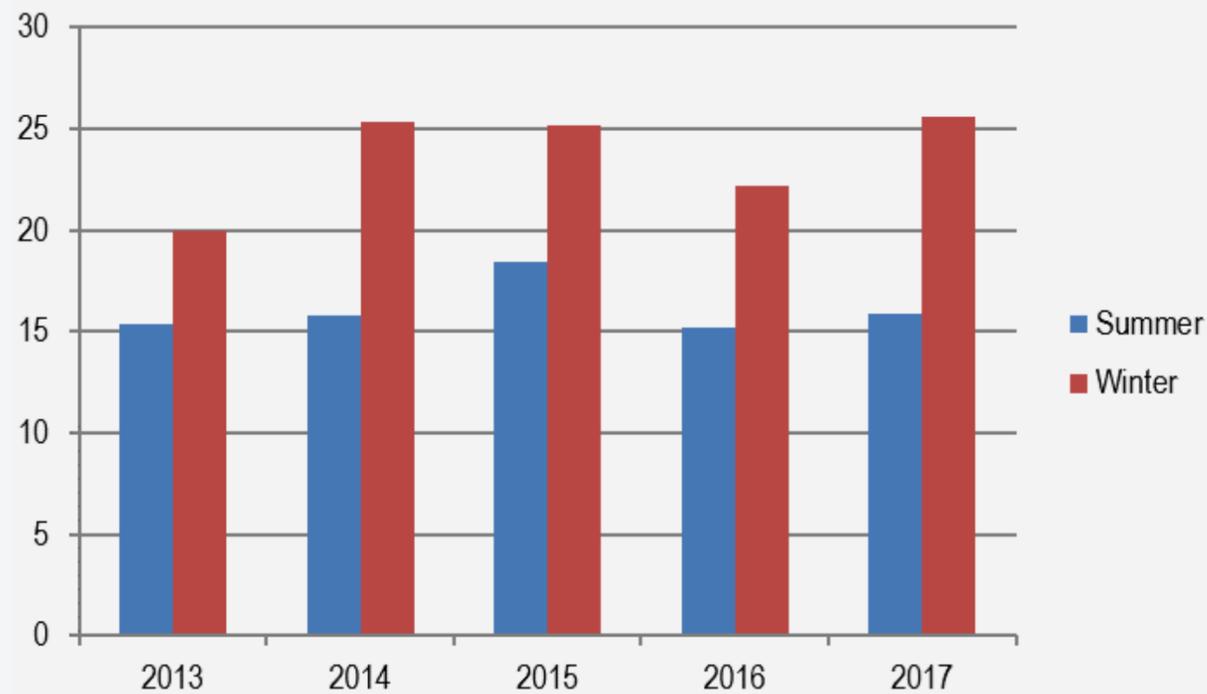
Локация 2



Локация 3

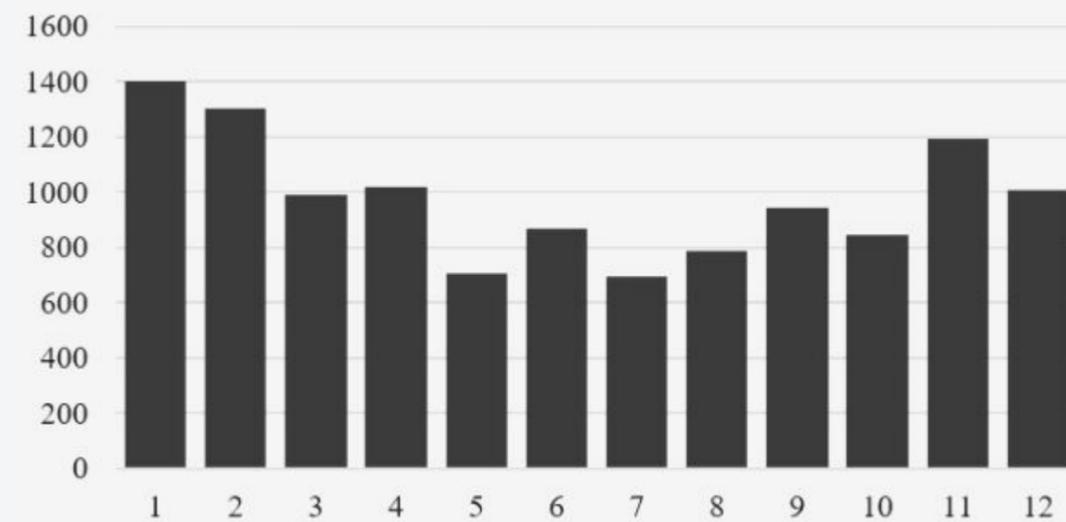


Seasonal comparison of annual energy production, GWh/year



# Моделирование

## Сезонные отклонения



Среднемесячная электрическая мощность, кВт (2016)

Средняя температура:

Лето +9,2°C;

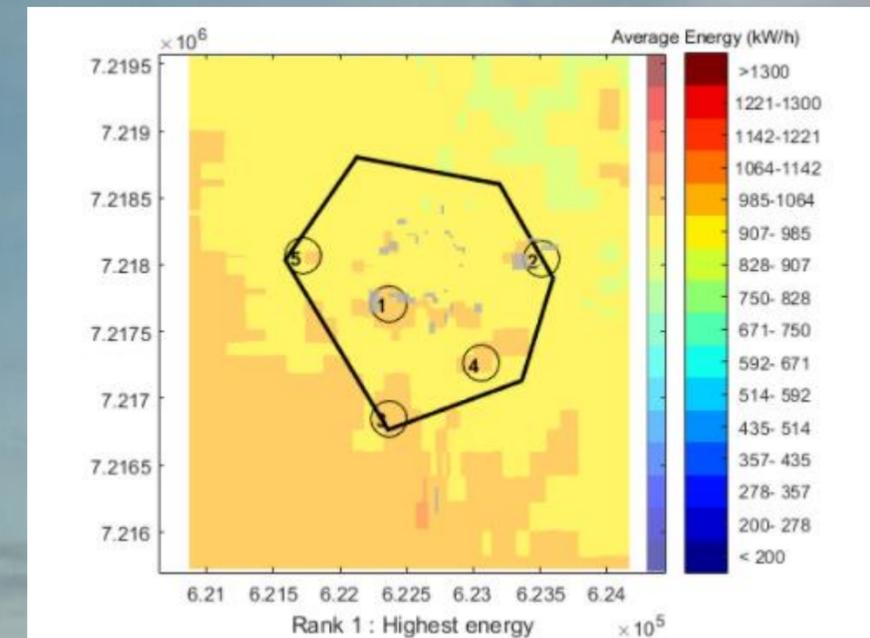
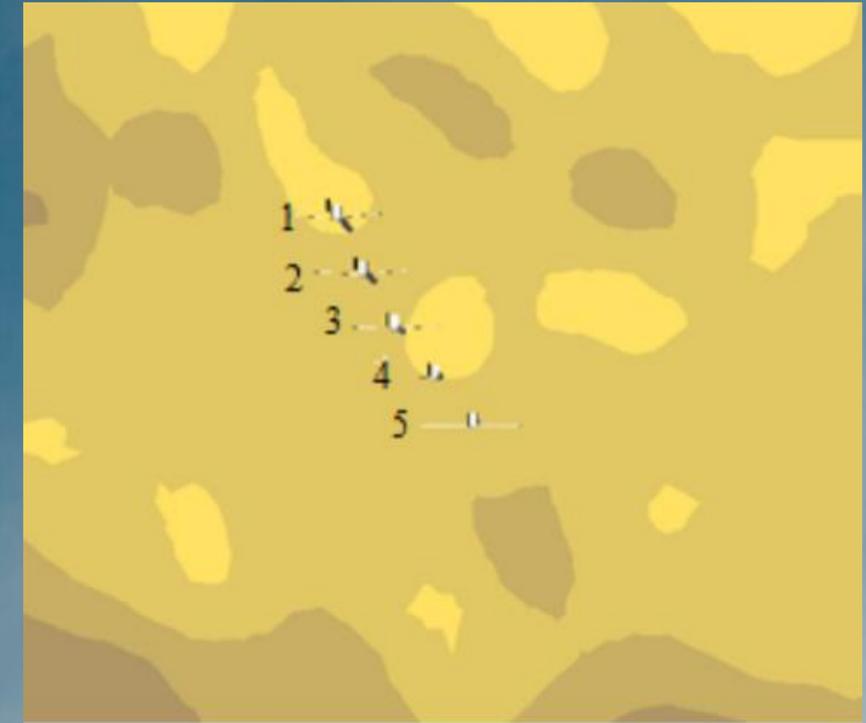
Зима -3,5°C.

# Моделирование

## ОПТИМИЗАЦИЯ

Производство электроэнергии  
ветропарком после оптимизации  
увеличилось на

# 16%



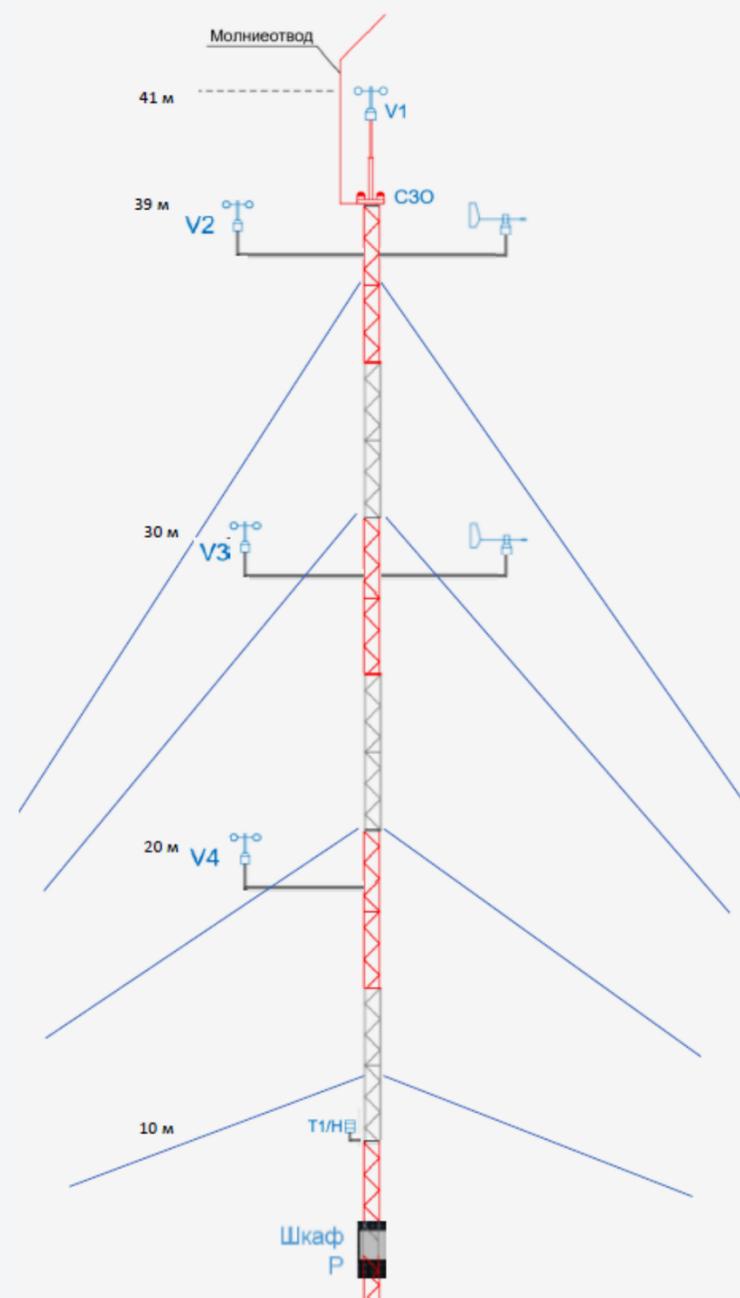
# Метеорологическая мачта

К а м п у с   С А Ф У



# Метеорологическая мачта

К а м п у с   С А Ф У



- 1) Анемометр Thies First Class Advanced II (калиброванный MEASNET) без подогрева
- 2) Анемометр Thies First Class Advanced II (калиброванный MEASNET) с подогревом
- 3) Флюгер Thies First Class
- 4) Флюгер Thies First Class – с подогревом
- 5) Датчик барометрического давления
- 6) Датчик температуры и влажности
- 7) Регистратор данных измерений и контроля
- 8) Коммуникационный модуль



**Павел Марьяндышев**  
Профессор кафедры  
теплоэнергетики и теплотехники

**Ветроэнергетика для Крайнего Севера**

**Спасибо за внимание!**

