



# Сравнение результатов лидарных, аэрологических и микроволновых измерений вертикальных профилей ветровых характеристик

<sup>1</sup>Заморин И.С., <sup>2</sup>Кузнецов А.Д., <sup>3</sup>Мельникова И.Н.,  
<sup>3</sup>Самуленков Д.А., <sup>3</sup>Сапунов М.В., <sup>1</sup>Солонин А.С.

- 1) ООО "МетеоМонитор",
- 2) Российский государственный гидрометеорологический университет,
- 3) Санкт-Петербургский государственный университет,
- 4) Институт радарной метеорологии (ИРАМ)



# Структура Научного парка СПбГУ

Нанотехнологии  
и материаловедение  
*(15 ресурсных центров)*

Биомедицина  
и здоровье человека  
*(5 ресурсных центров)*

25  
Ресурсных  
центров

Информационные  
системы  
*(2 ресурсных центра)*

Экология  
и рациональное  
природопользование  
*(3 ресурсных центра)*

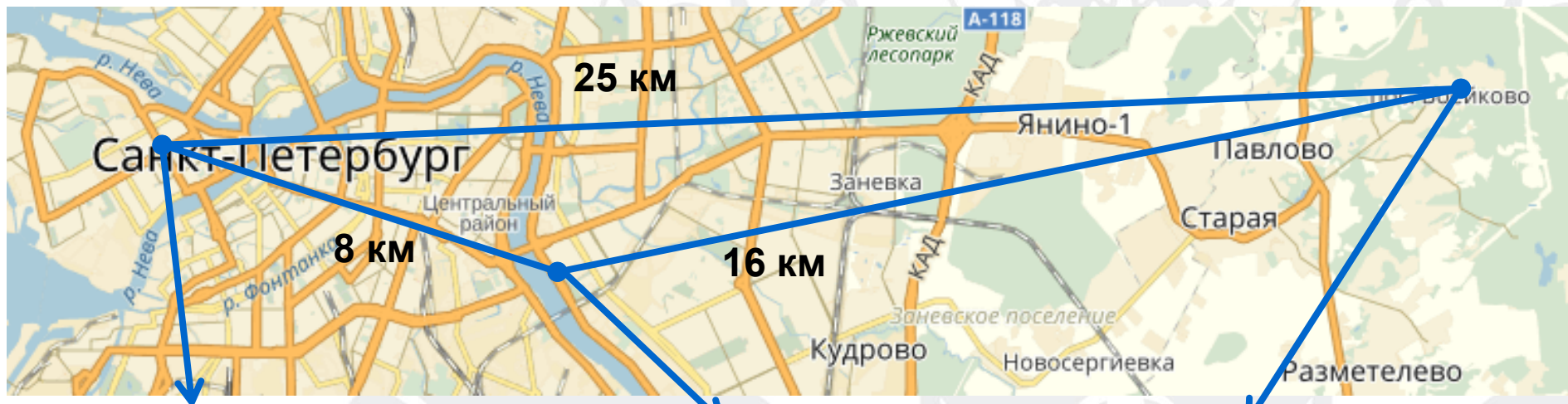


## Задачи:

- Измерение вертикального профиля ветра лидарным методом
- Измерение вертикального профиля ветра радиолокационным методом
- Использование данных аэрологического зондирования
- Измерение вертикального профиля ветра в разных географических точках города
- Сравнение результатов измерений разными методами
- Оценка возможности построения пространственного поля ветра в масштабе города



# Расположение средств измерений



Импульсный  
доплеровский  
ветровой лидар



Доплеровский  
метеоролокатор



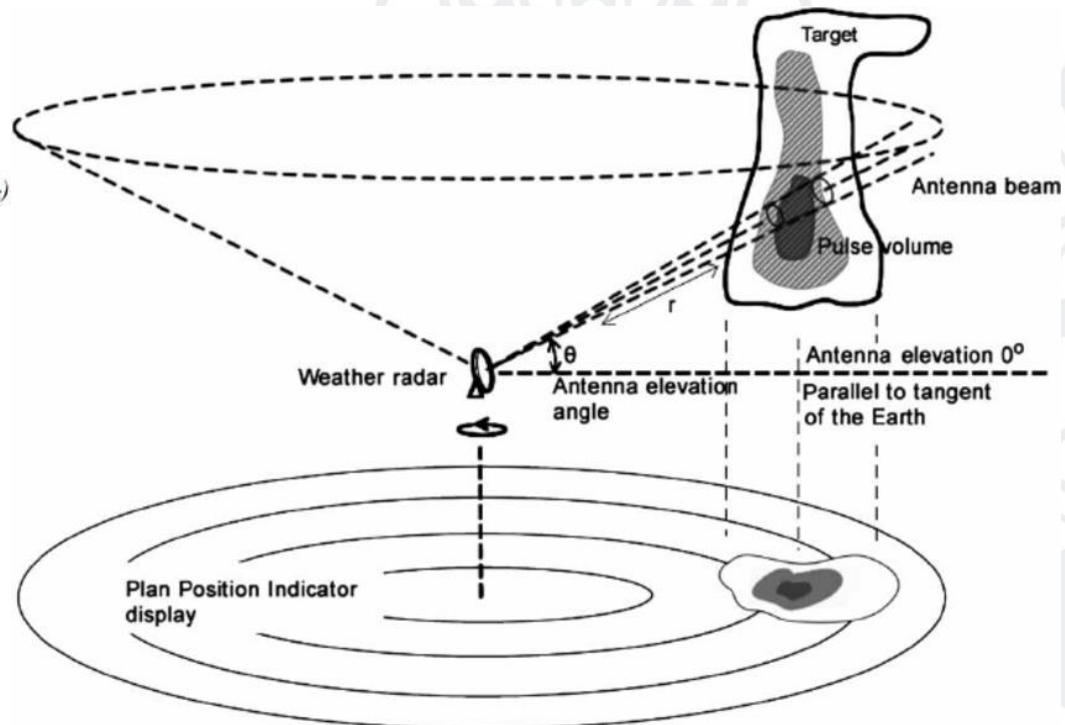
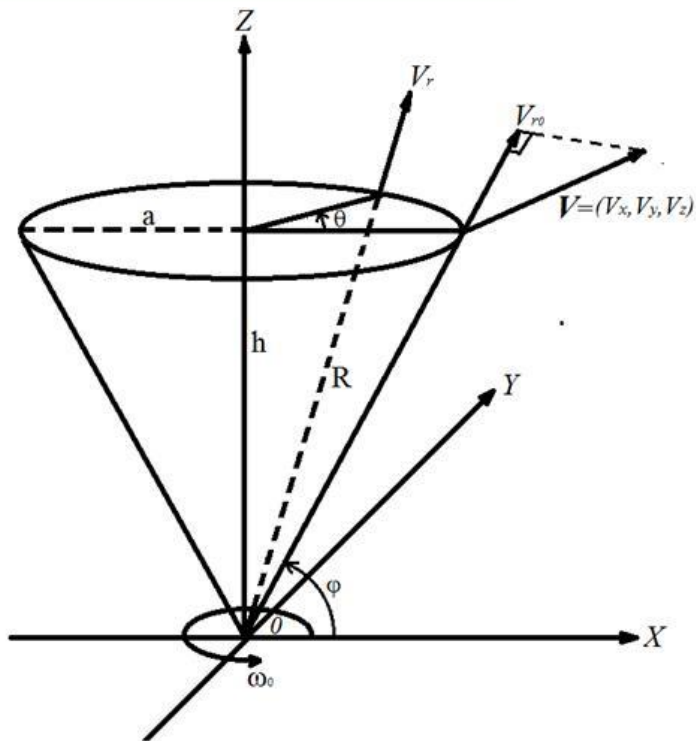
Радиозонд



	Радиозонд	Доплеровский метеорадиолокатор	Импульсный доплеровский ветровой лидар
Длина волны	~ 16.8 см (1780 МГц)	~ 3 см (9485 МГц)	1557.2-1557.5 нм
Минимальная высота измерения параметров ветра	78 м	500 + 42 (м)	$75 \times \sin a^* + 38$ (м)
Максимальная высота измерения параметров ветра	До потери целостности оболочки. В среднем до 25-30 км	В зависимости от облачности	В зависимости от состояния атмосферы. В среднем 1-1.5 км, до 6 км при благоприятной облачности
Вертикальная дискретность	От десятков до сотен метров	500 м	$75 \times \sin a^*$ (м)
Условия проведения измерений	Ежедневно в 0:00 и 12:00 UTC	Наличие облачности	Отсутствие осадков и плохой видимости

\* $a$  – выбранный угол сканирования (от 0 до 90)

# Режим сканирования: PPI (VAD)

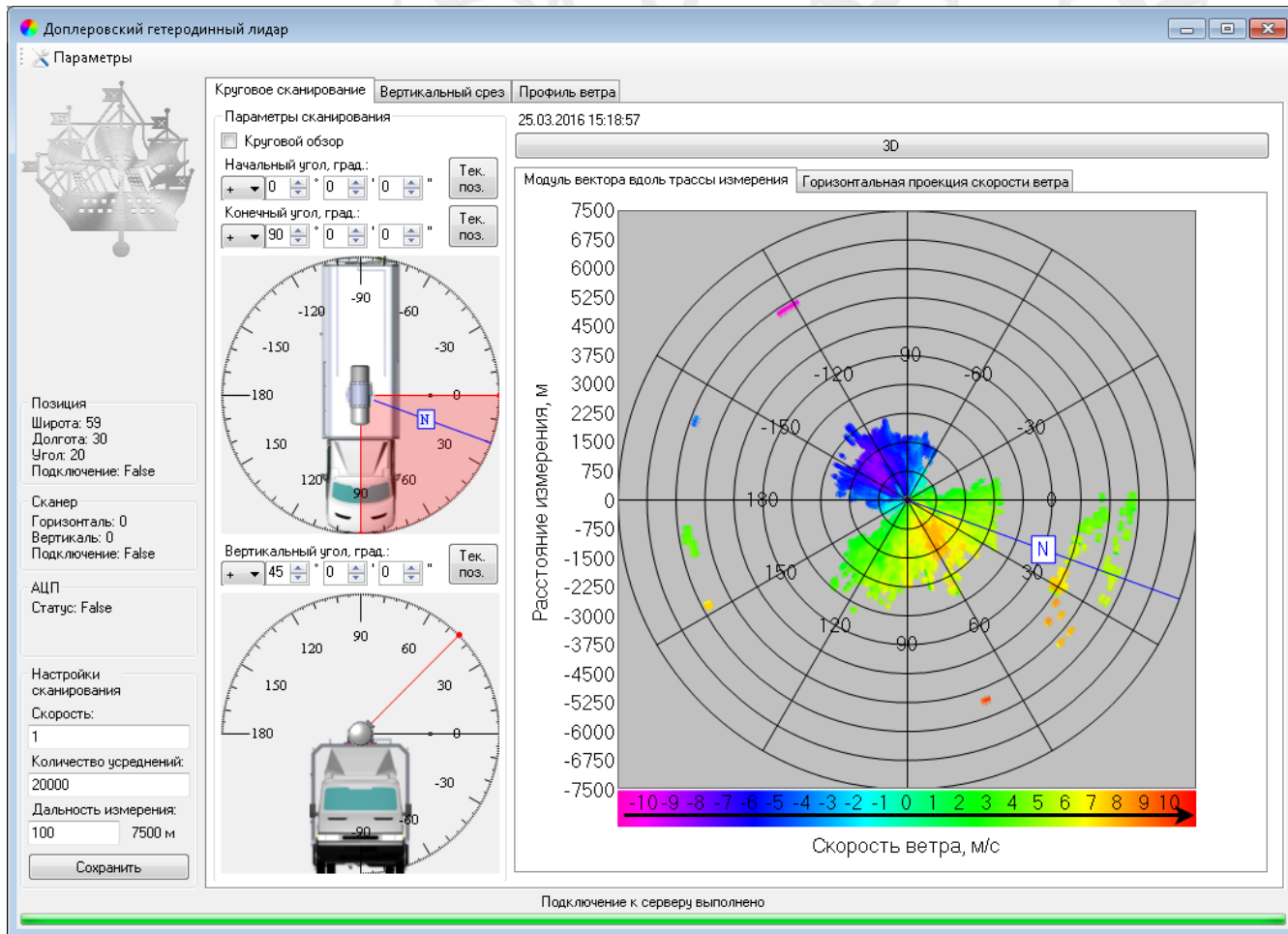


**Plan Position Indicator (PPI)** – режим, при котором угол места остается фиксированным, как правило менее  $10^\circ$ , а азимутальный угол меняется либо во всем возможном диапазоне, либо в выбранном секторе.

**Velocity Azimuth Display (VAD)** – режим измерения производится на нескольких азимутальных углах (обычно не менее 3) при фиксированном угле места (обычно  $20^\circ - 30^\circ$  от вертикали).

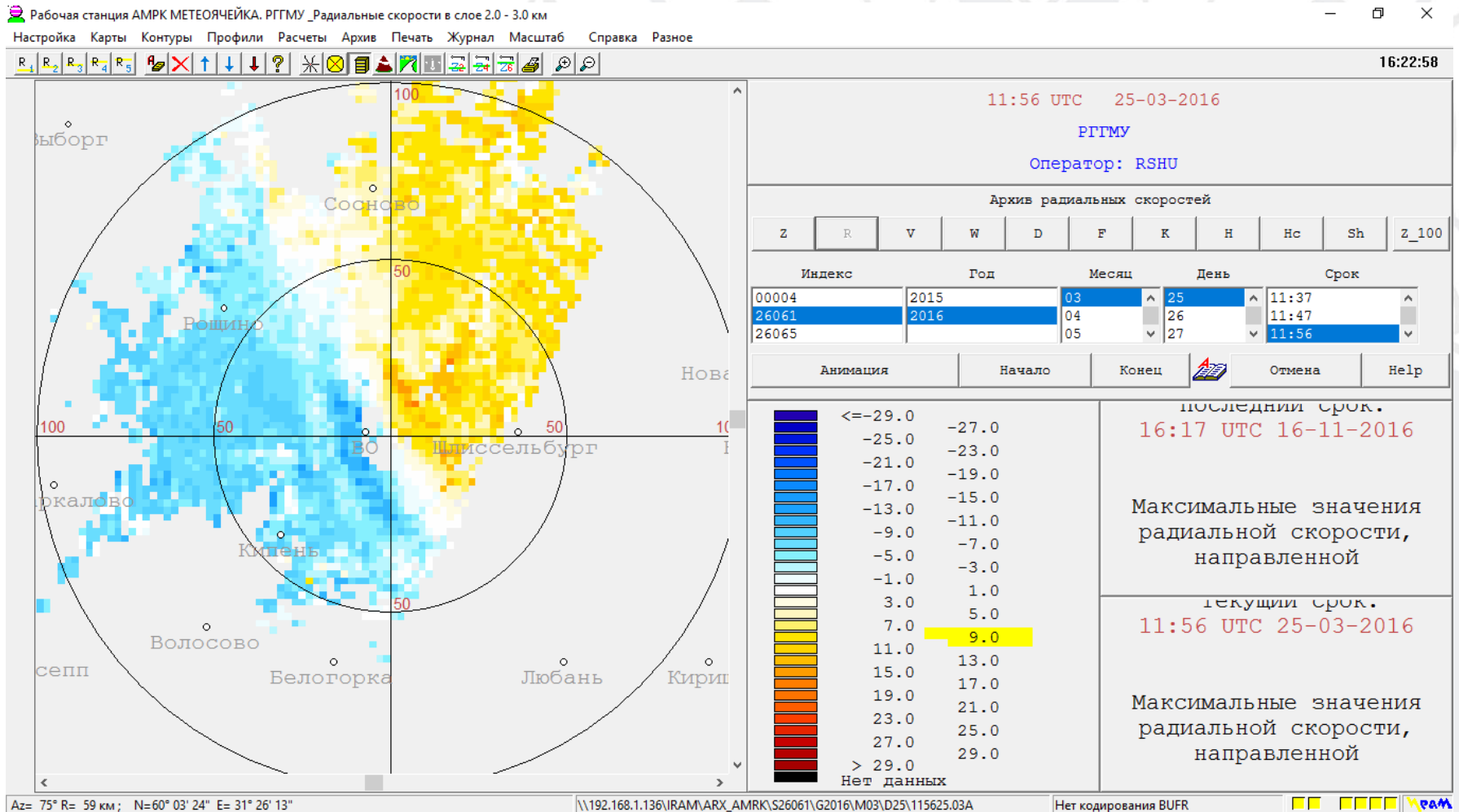


## Пример результатов сканирования в режиме PPI для доплеровского лидара





## Пример результатов сканирования в режиме PPI для ДМРЛ







## Пример результатов сканирования в режиме VAD для доплеровского лидара

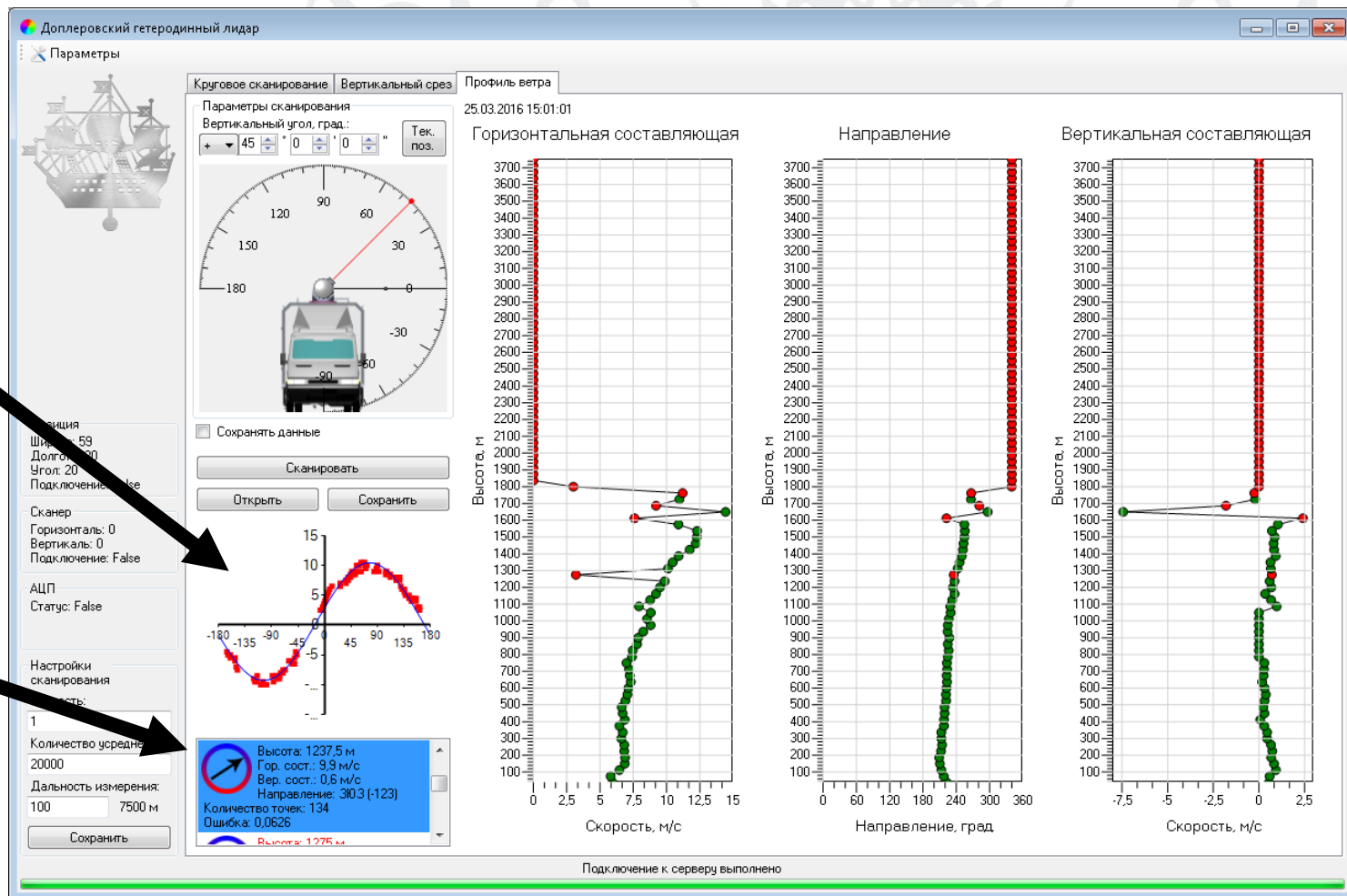
Вычисление  
синусоиды  
скорости ветра

Расчет:

Горизонтальной  
и вертикальной  
скорости ветра

Направления

Ошибки  
аппроксимации





Пример результатов сканирования в режиме VAD для доплеровского лидара

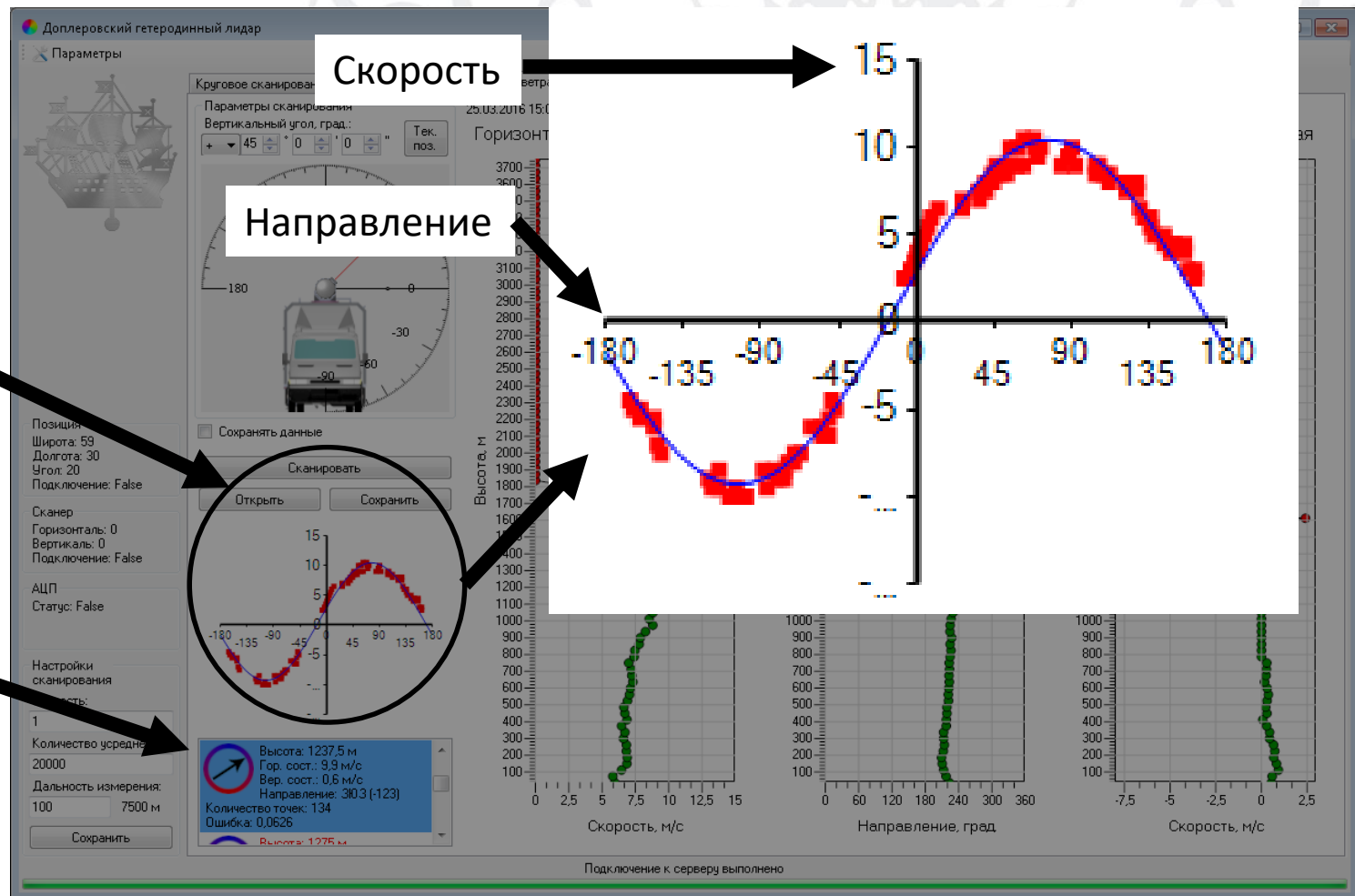
Вычисление  
синусоиды  
скорости ветра

Расчет:

Горизонтальной  
и вертикальной  
скорости ветра

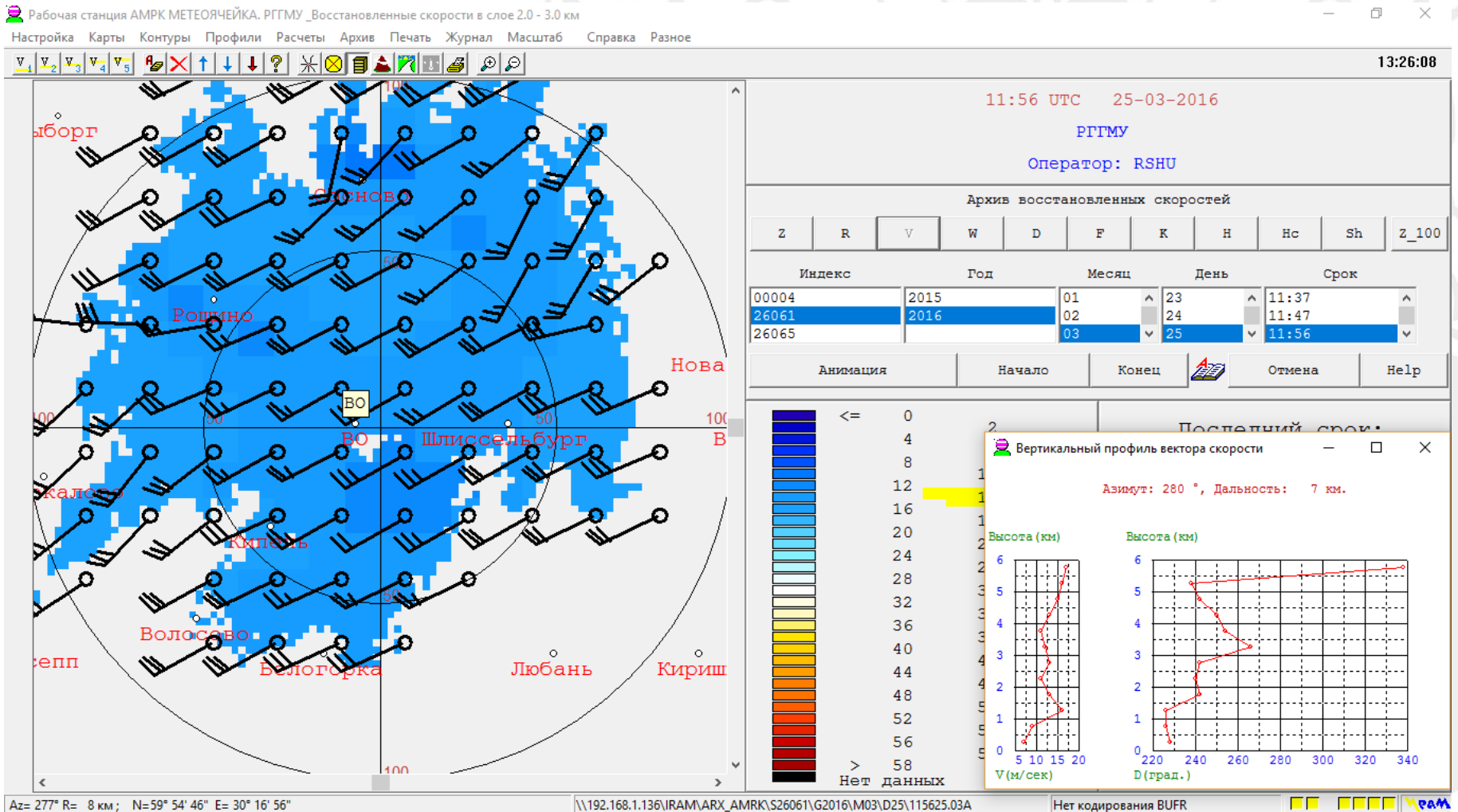
Направления

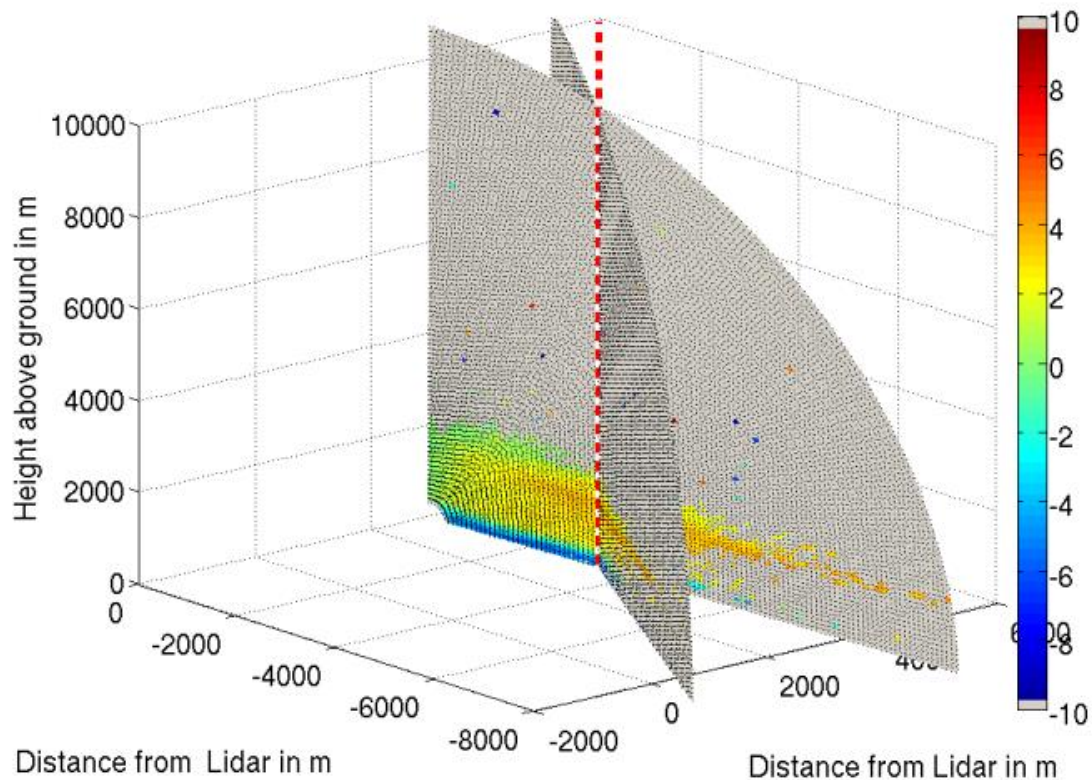
Ошибки  
аппроксимации





## Пример результатов сканирования в режиме VAD для ДМРЛ

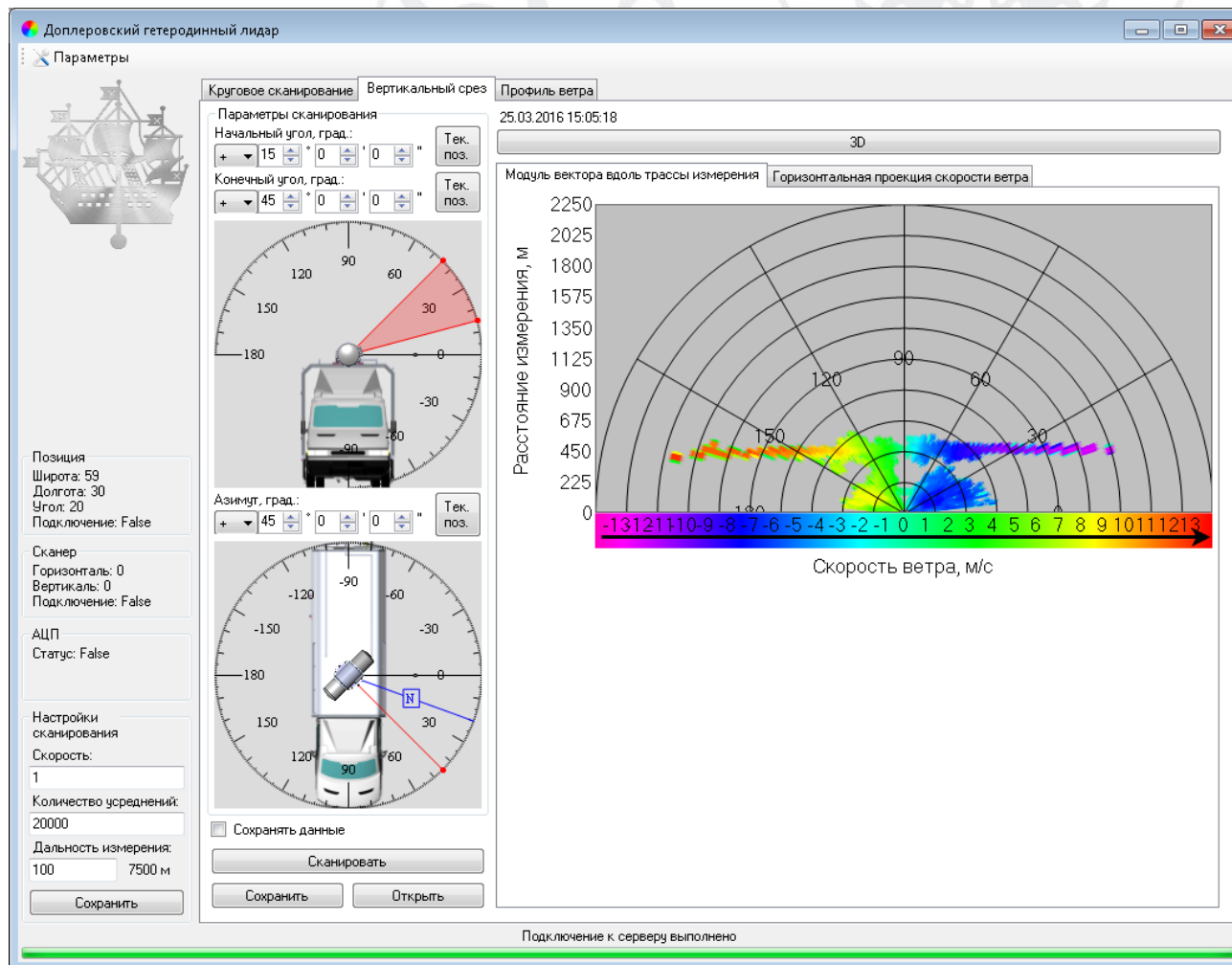




**Range Height Indicator (RHI)** – режим, при котором азимутальный угол остается постоянным, а угол места изменяется в определенном диапазоне.

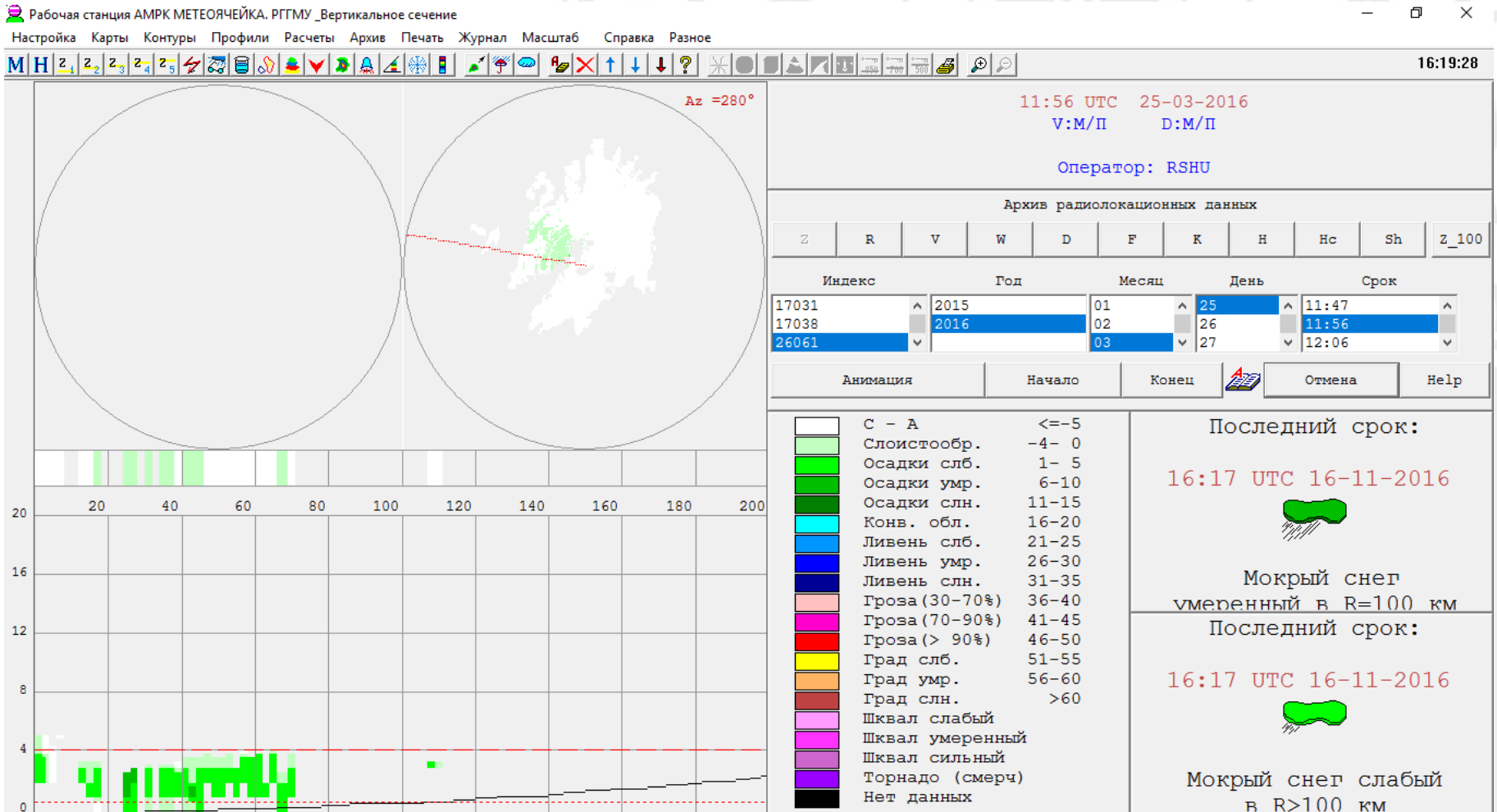


## Пример результатов сканирования в режиме RHI для доплеровского лидара





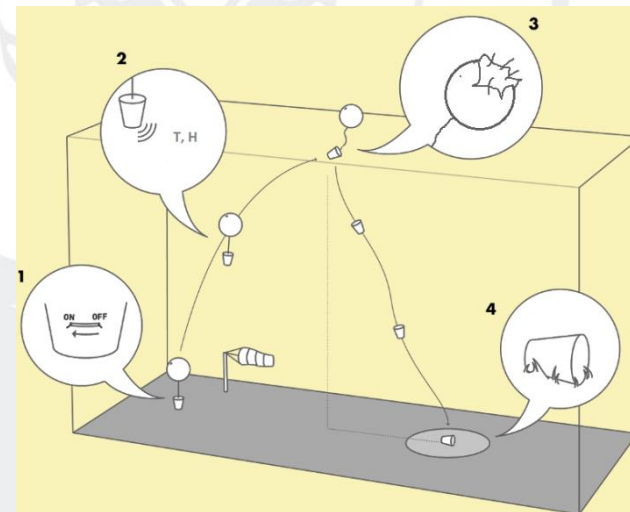
## Пример результатов сканирования в режиме RHI для ДМРЛ





# Измерение характеристик ветра с помощью метеозонда

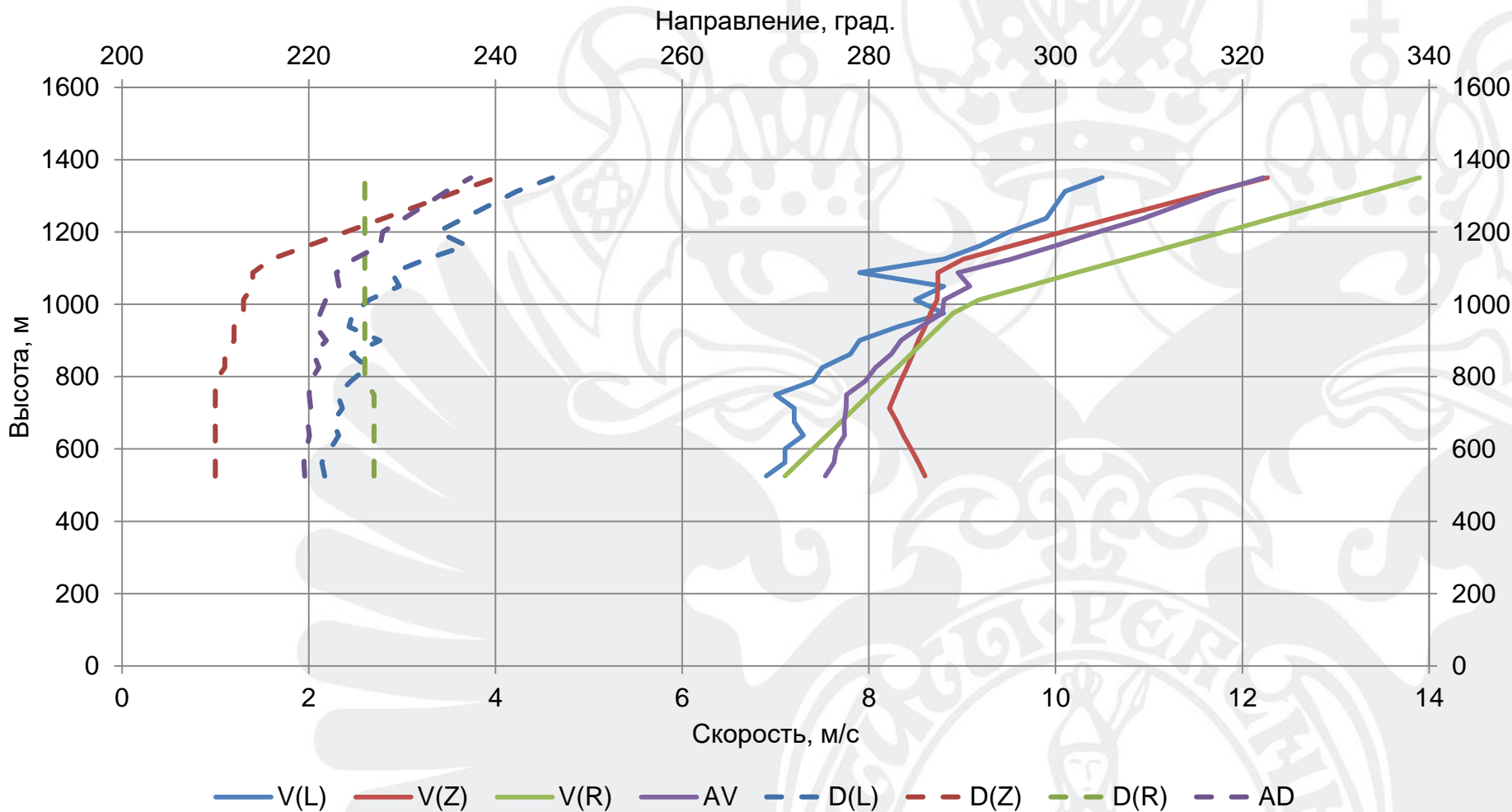
Пример пути полета радиозонда



- 1) Запуск зонда
- 2) Получение данных
- 3) Нарушение целостности оболочки
- 4) “Приземление”



# Сравнение результатов измерений

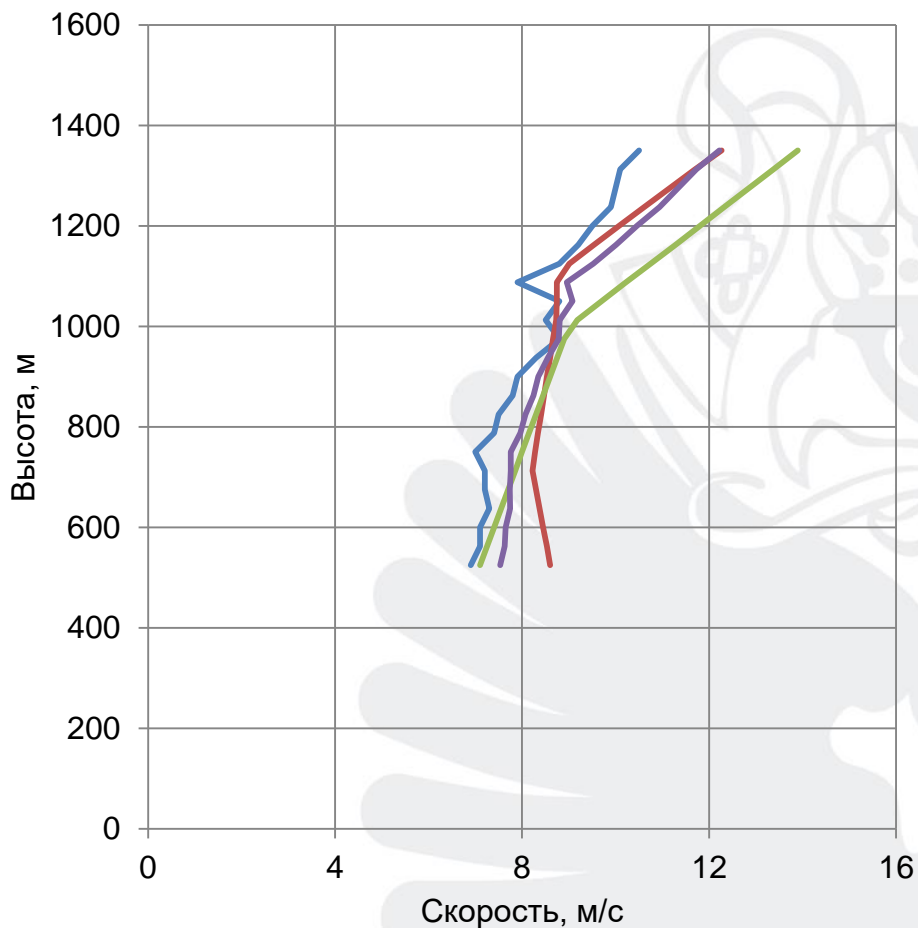


V – скорость; D – направление; A – среднее; L – лидар; Z – зонд; R – радар  
Данные за 25 марта 2016 г.

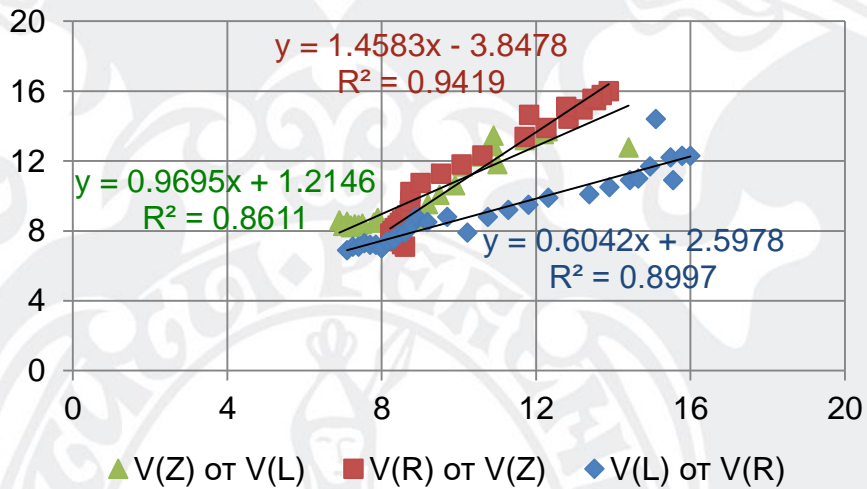
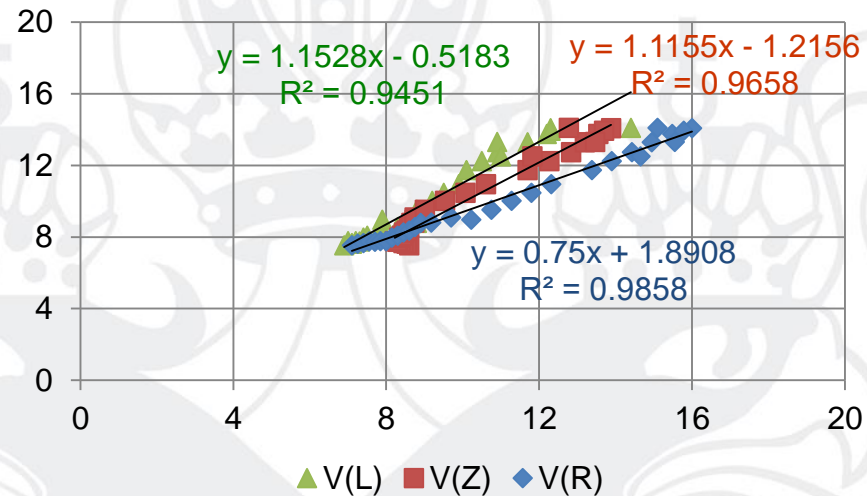




# Анализ данных: скорость



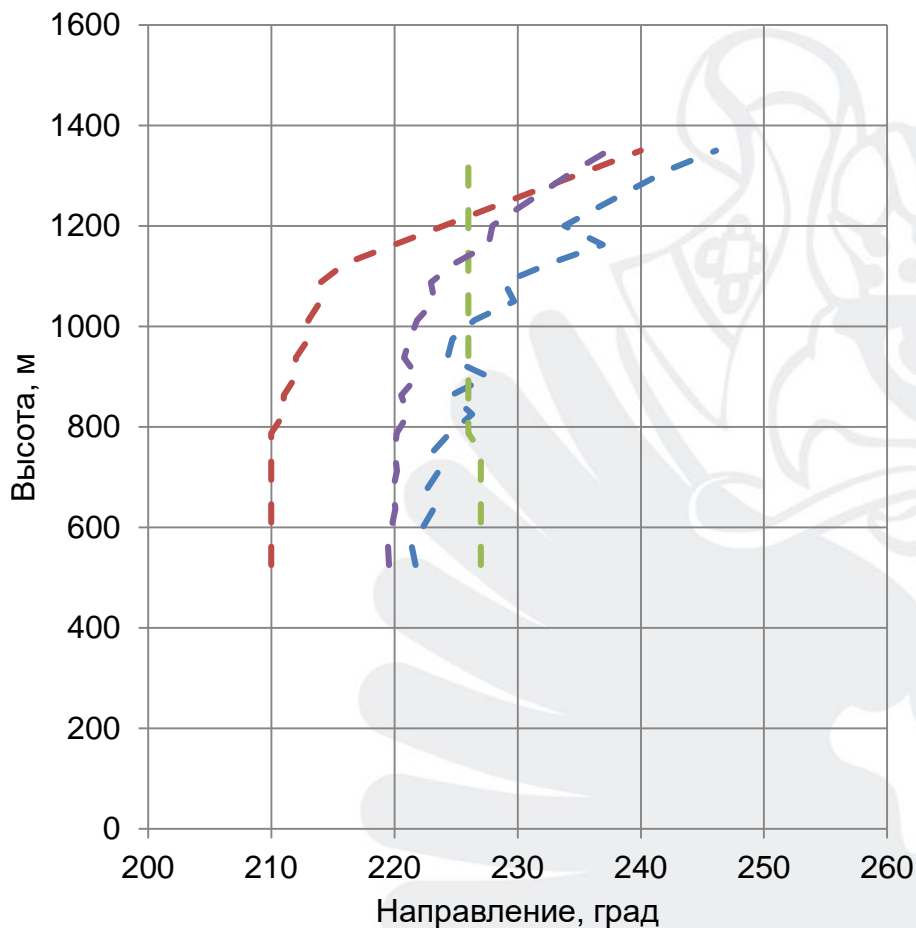
— V(L) — V(Z) — V(R) — AV



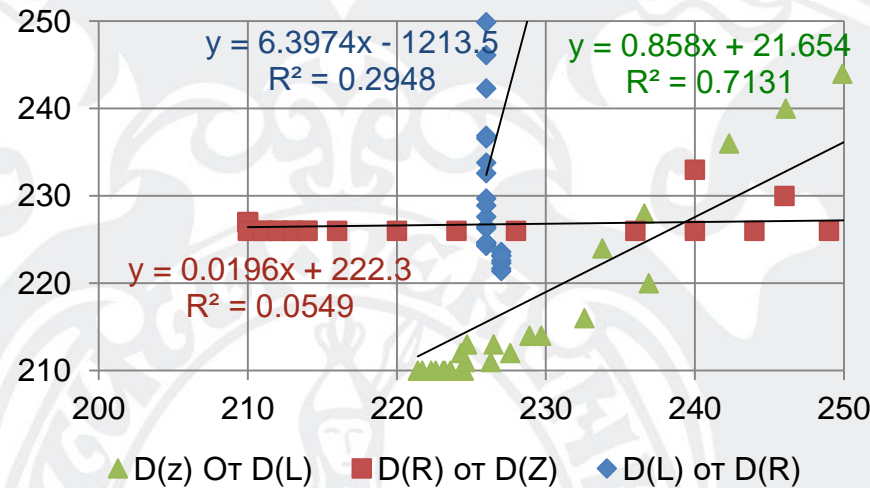
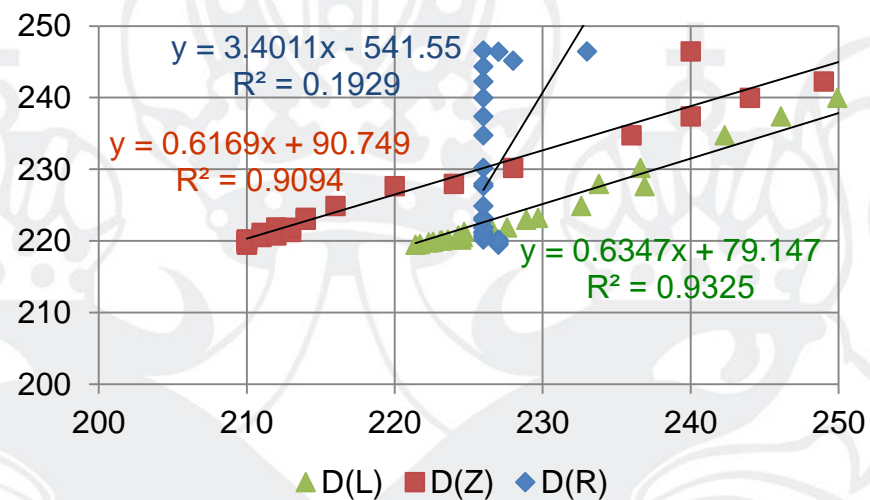
V – скорость; D – направление; A – среднее; L – лидар; Z – зонд; R – радар  
Данные за 25 марта 2016 г.



# Анализ данных: направление



— D(L) — D(Z) — D(R) — AD

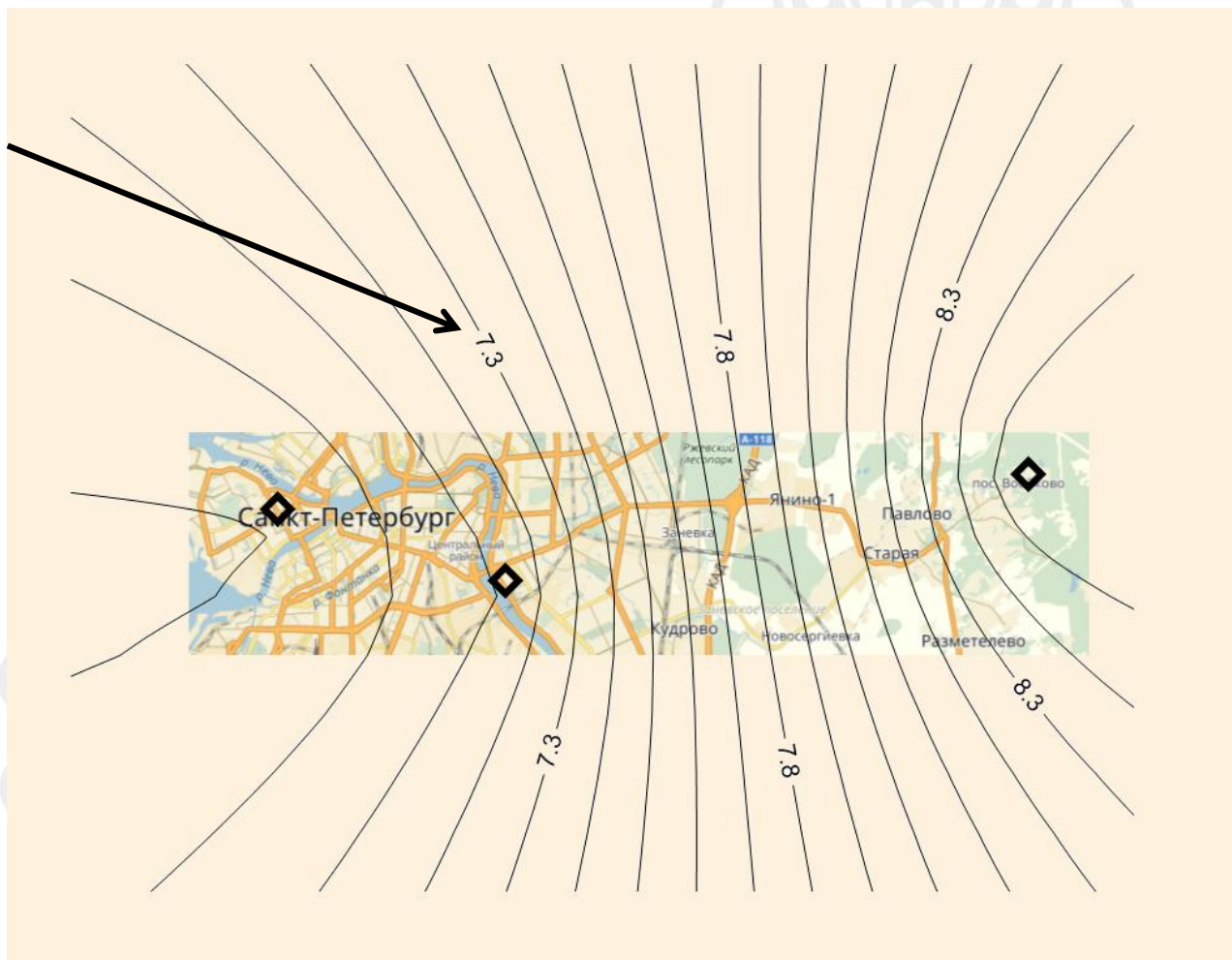


V – скорость; D – направление; A – среднее; L – лидар; R – радар; Z – зонд  
Данные за 25 марта 2016 г.



# Построение поля скорости ветра

Скорость  
ветра, м/с





## Заключения:

- Проведенные измерения профиля скорости ветра в трех разных точках города различными методами, позволяют проводить исследования в области построения поля ветра над городом.
- Необходимо дальнейшие исследования всех преимуществ и недостатков методов измерений и разработка алгоритма обработки комбинированных данных.
- Сравнения показало, что имеются как незначительные, так и значительные различия. Это обуславливаются расстоянием и методиками измерений.
- Для построения поля ветра над городом необходимо использовать более большее количество средств измерений.



**Спасибо за внимание!**

**<http://researchpark.spbu.ru>  
[emc.spbu.ru](http://emc.spbu.ru)**