

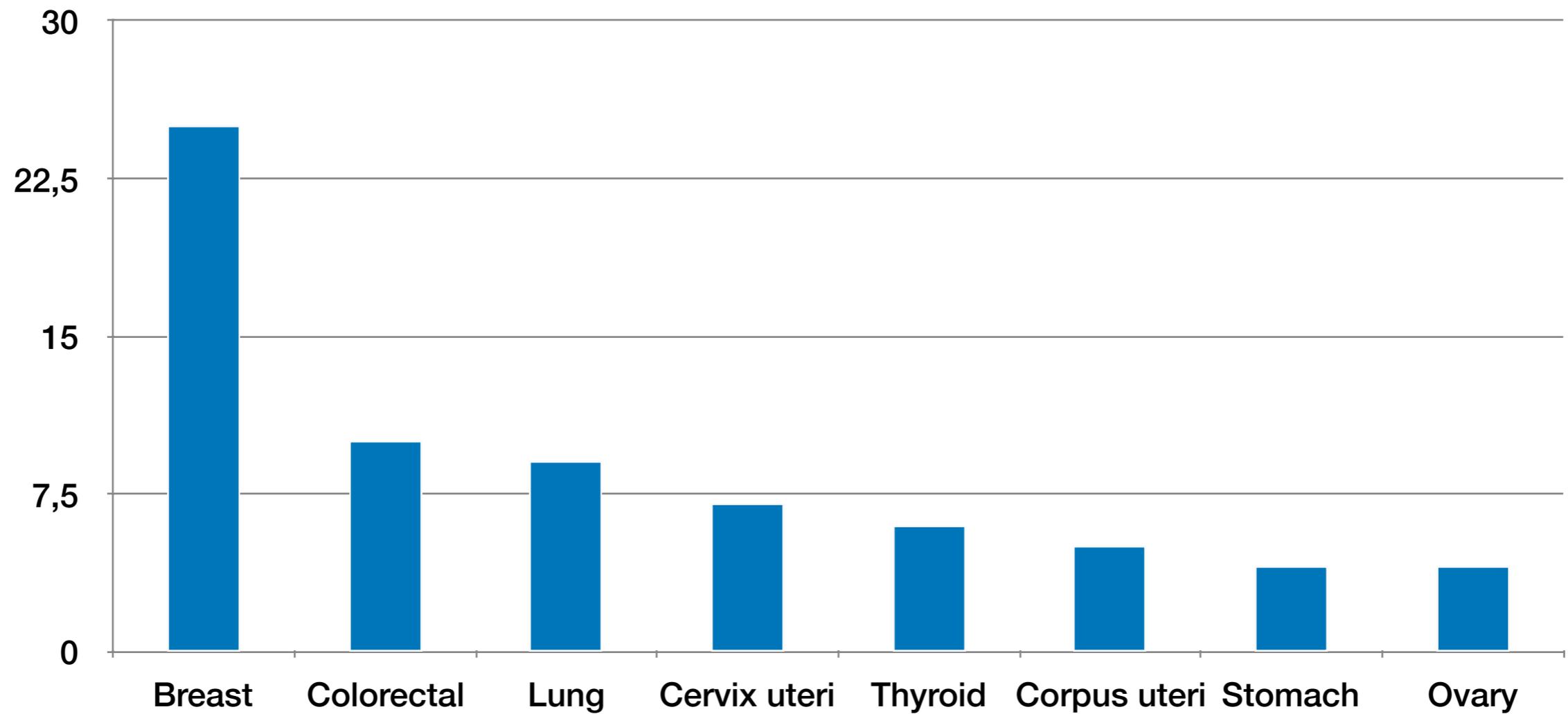
# Восстановление особых областей по данным ультразвуковой томографии

Турсунова Мунира Бахромовна,  
371 группа

Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор Граничин Олег Николаевич  
СПбГУ, 2019

# Введение

## Актуальность



Статистика заболеваемости раком у женщин (%)

# Введение

	Среднее значение скорости звука (м/с)
Жир	1478
Молочная железа	1510
Доброкачественная опухоль	1513
Злокачественная опухоль	1548
Среднее значение жира и молочной железы в постменопаузе	1468
Среднее значение жира и молочной железы в пременопаузе	1510
Паренхима молочной железы	1487
Фиброаденома молочной железы	1584
Киста молочной железы	1568

# Введение



- Кольцо из 2112 элементов одинакового размера
- 2048 датчиков
- 8 групп по 8 «пустые»
- 3750 тактов с частотой 25МГц

# Цель работы

- Восстановить изображение и вычислить плотность особых областей используя матрицу time of flight (времени прихода сигнала) для конкретного эксперимента в котором присутствует(ют) объект(ы) для восстановления и для воды (в котором объект(ы) для восстановления отсутствует(ют))

# Постановка задач

- Изучить модель аппарата, сделать обзор существующих решений
- Разработать и реализовать алгоритм восстановления изображения по данным из датчиков
- Смоделировать данные для тестирования алгоритма (посчитать time of flight для картинки)
- Разработать и реализовать алгоритм нахождения скорости звука в объекте
- Запустить алгоритм на реальных данных

# Обзор

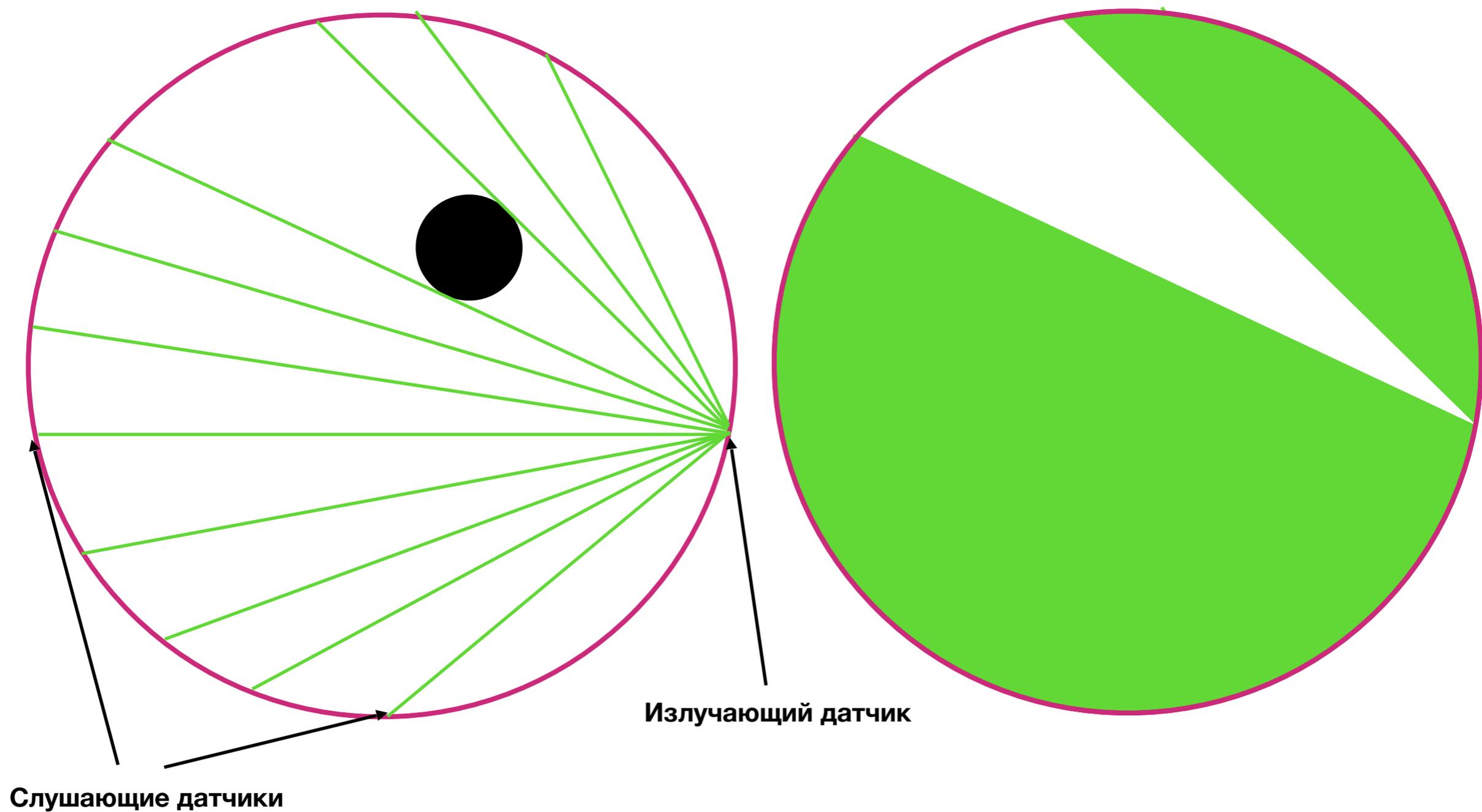
- $Y = A * X$
- Размер восстановленной картинки [100×100]
- 1024 датчиков
- Каждый датчик испускает сигнал и 10 датчиков слушают
- $X$  – вектор [10000×1], равный скорости прохождения сигнала в  $i$ -ом пикселе
- $A$  – это матрица [10240×10000]

$$A_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если сигнал между } i\text{-ой парой датчиков проходит} \\ & \text{через пиксель } j, \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

- Метод наименьших квадратов:  $X_1 = (A^T * A)^{-1} * A^T * Y$

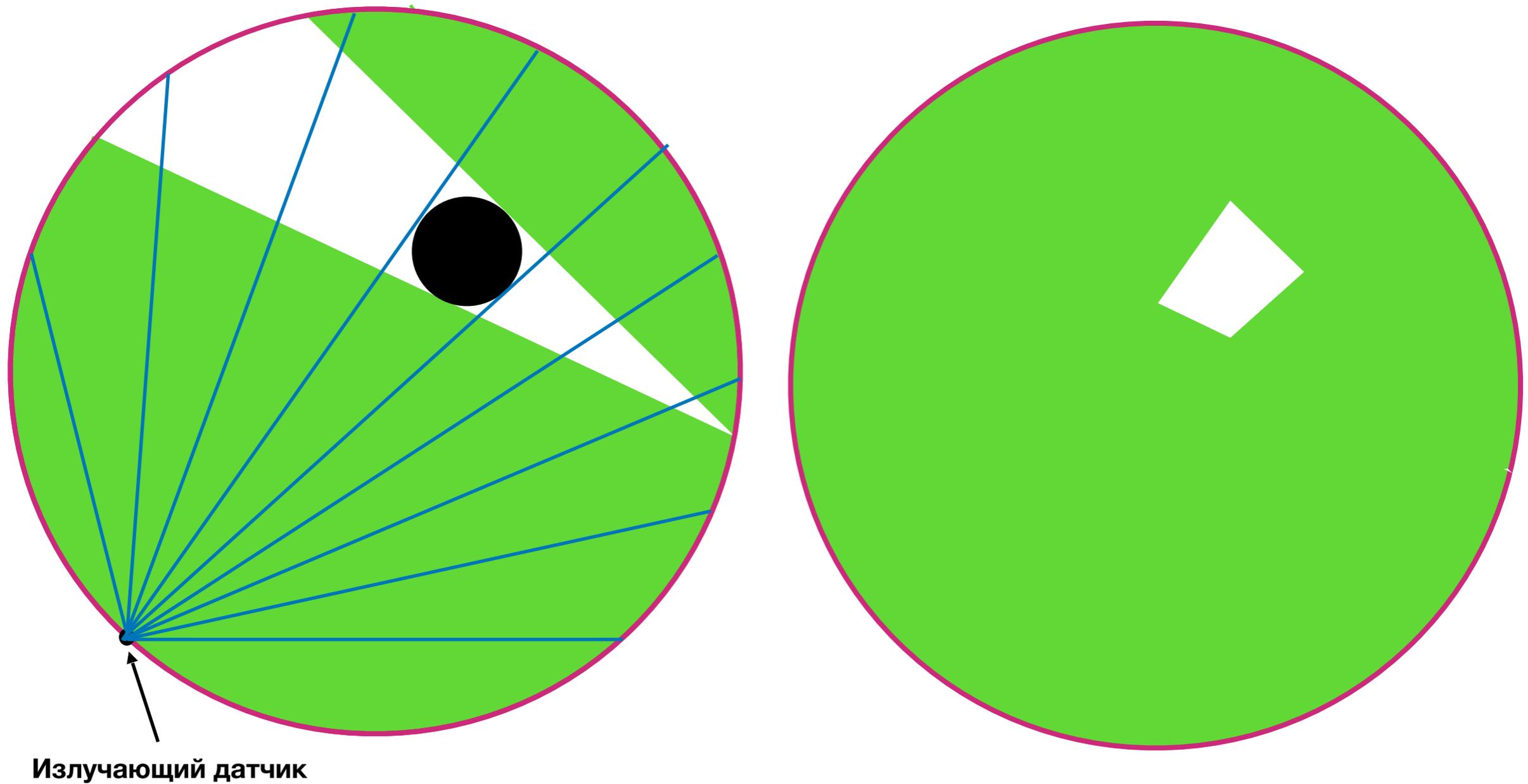
# Решение

## Алгоритм восстановления изображения



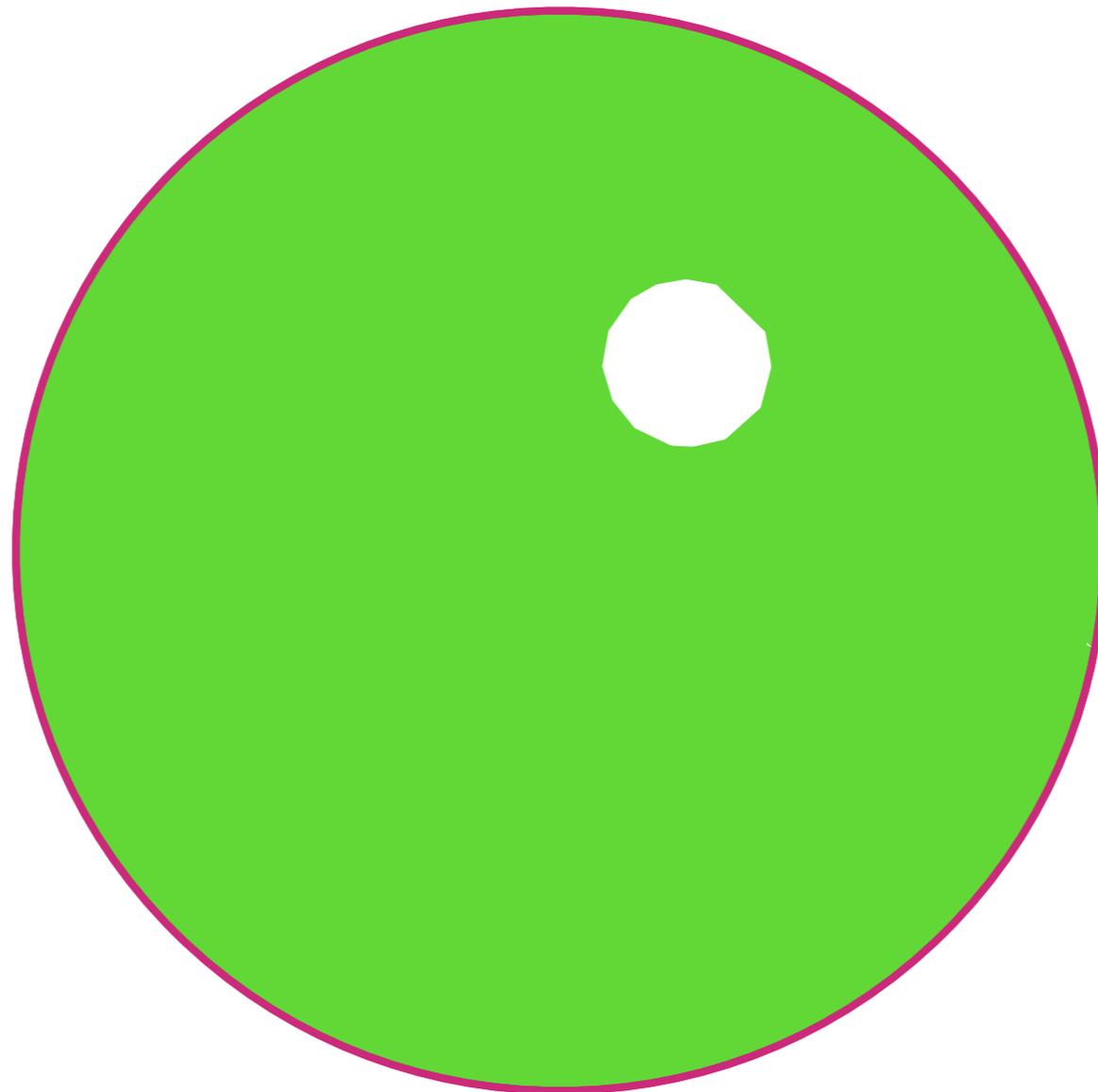
# Решение

## Алгоритм восстановления изображения



# Решение

Алгоритм восстановления изображения



# Решение

## Алгоритм восстановления изображения

1. Проверить условие равенства time of flight в воде и time of flight в эксперименте для каждой пары датчиков
2. Для каждой пары датчиков, в которых условие 1 не выполнилось используя алгоритм Брезенхема увеличить значение пикселей на линии между двумя датчиками
3. Закрасить пиксели значение в которых превысило пороговое

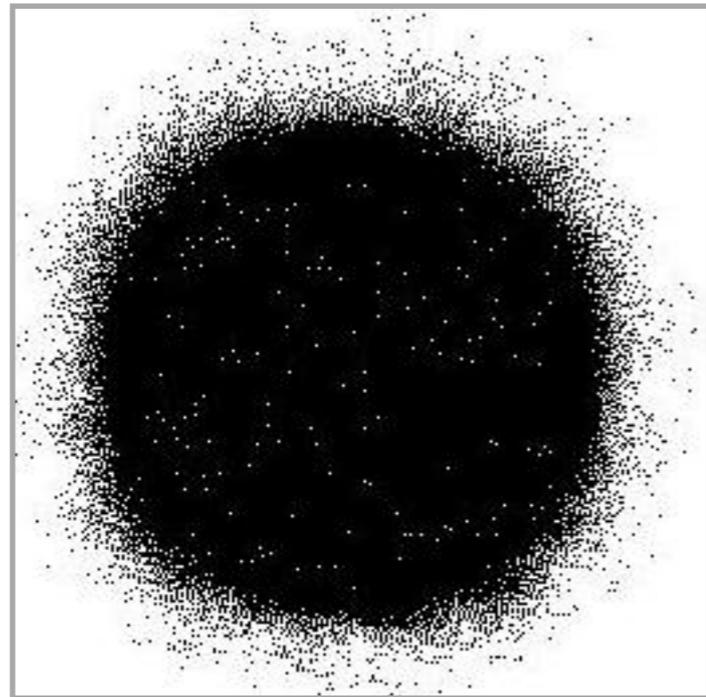
# Реализация

## Алгоритм восстановления изображения

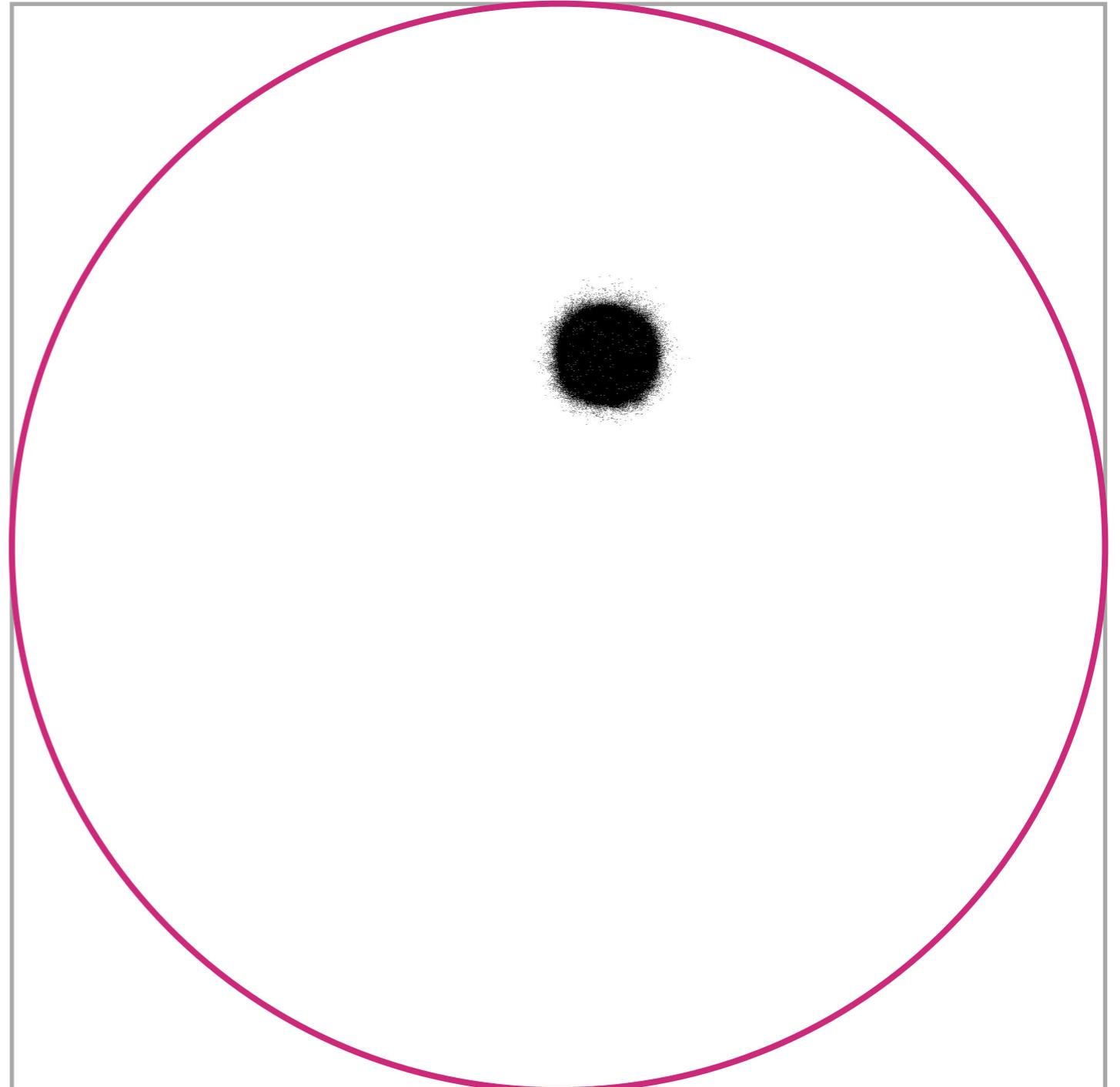
1. Реализация алгоритма с использованием массива значений увеличений пикселя для каждого испускающего датчика.  
( Размер массива  $[2000 \times 2000 \times 2048]$  )
2. Реализация с вычислением значения увеличения пикселя для каждого датчика.

# Результаты

## 2 реализация алгоритма восстановления изображения

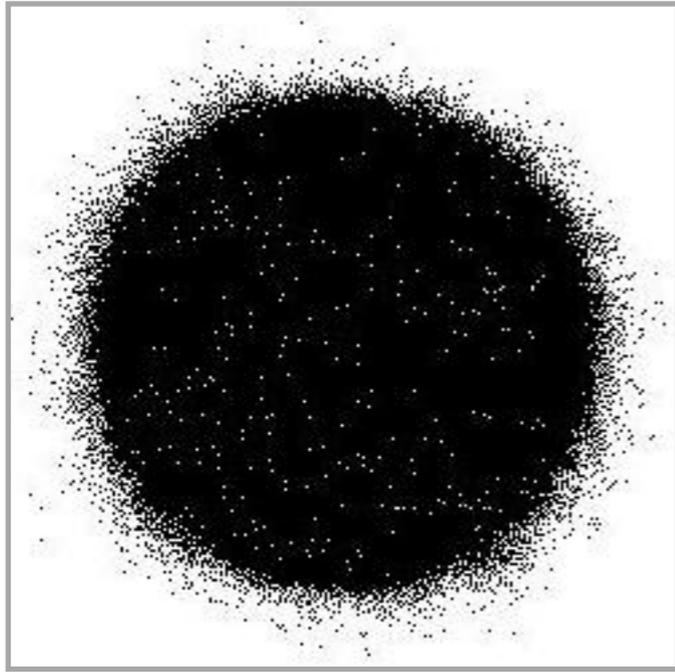


Восстановленное изображение, полученное из смоделированных данных эксперимента, когда 50 датчиков излучают и 2048 датчиков принимают сигнал

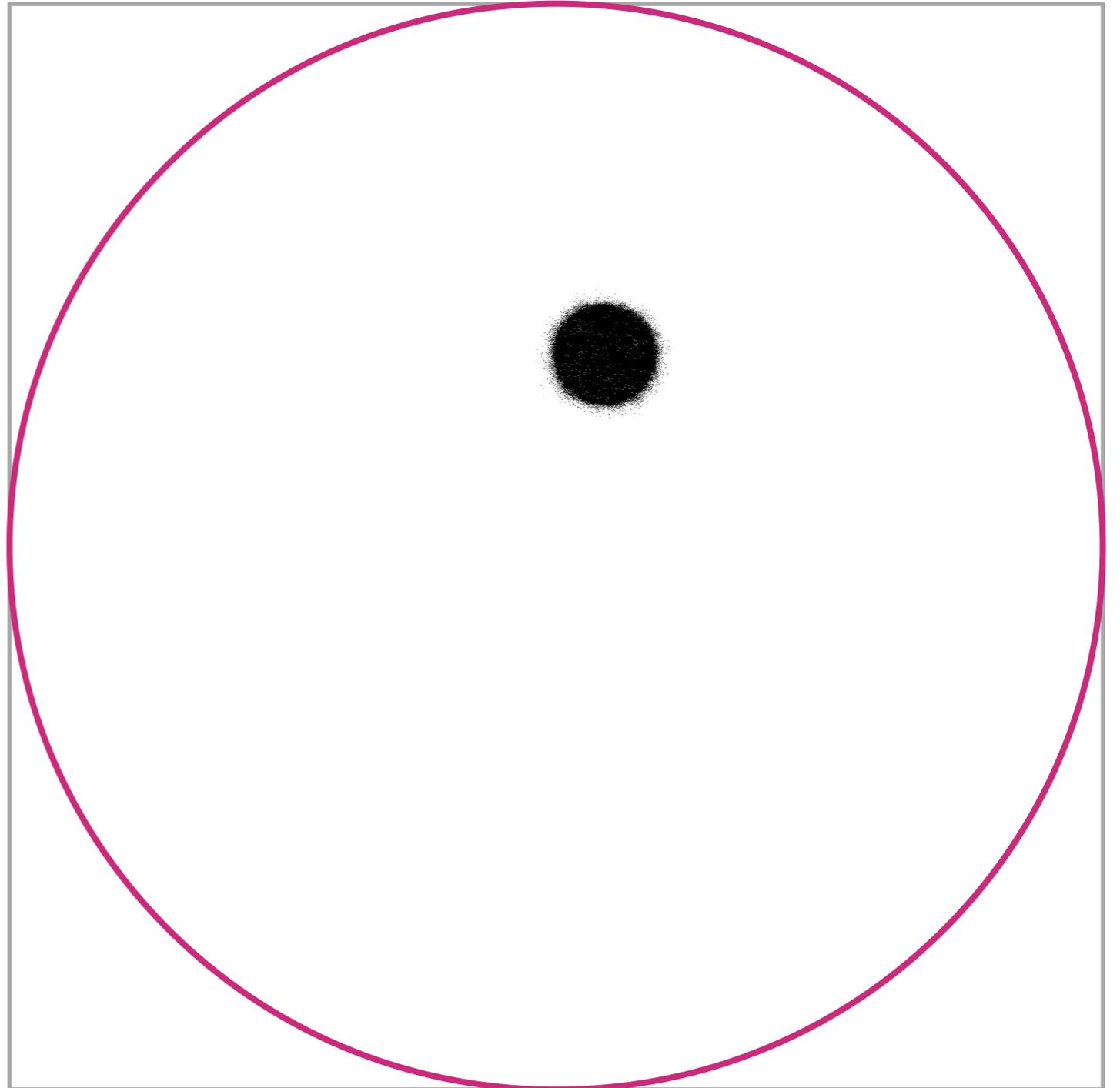


# Результаты

## 1 реализация алгоритма восстановления изображения

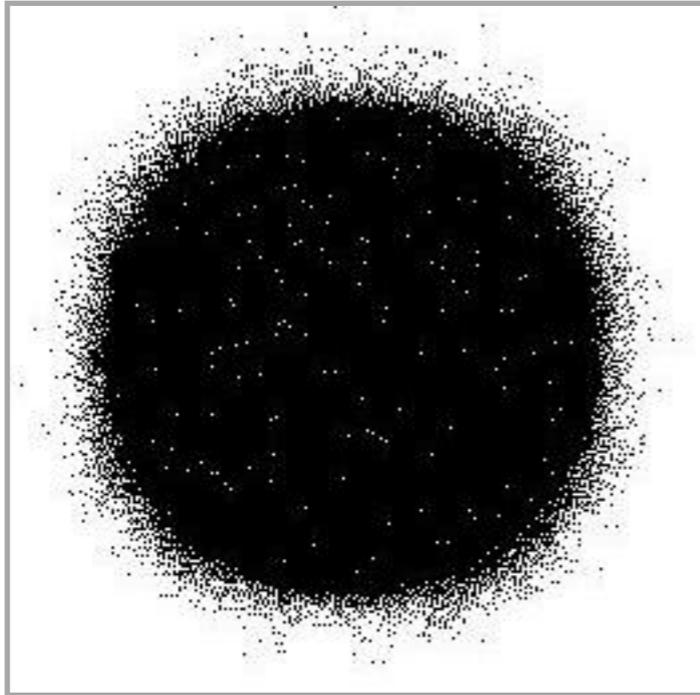


Восстановленное изображение, полученное из смоделированных данных эксперимента, когда 50 датчиков излучают и 2048 датчиков принимают сигнал

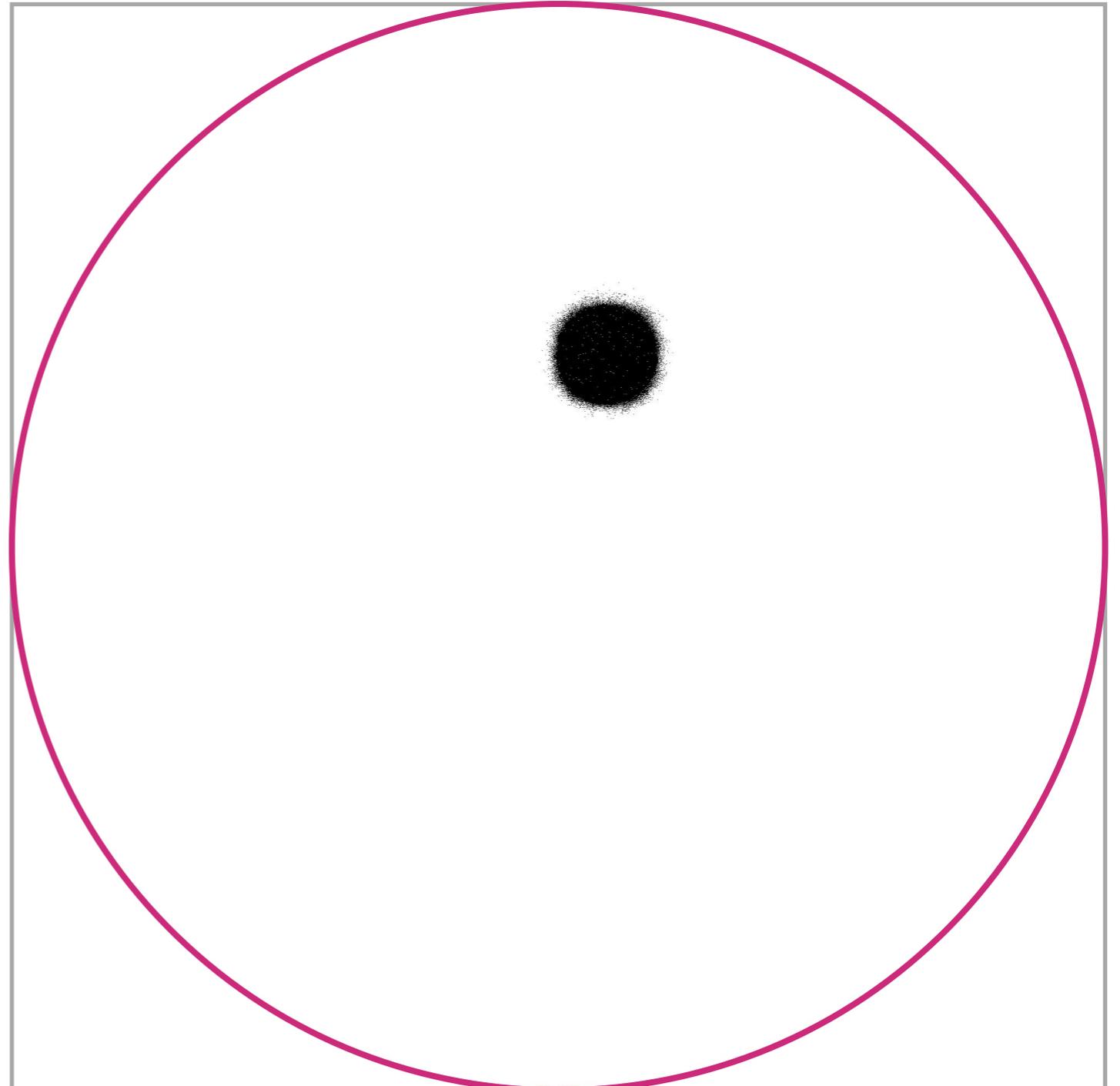


# Результаты

## 2 реализация алгоритма восстановления изображения

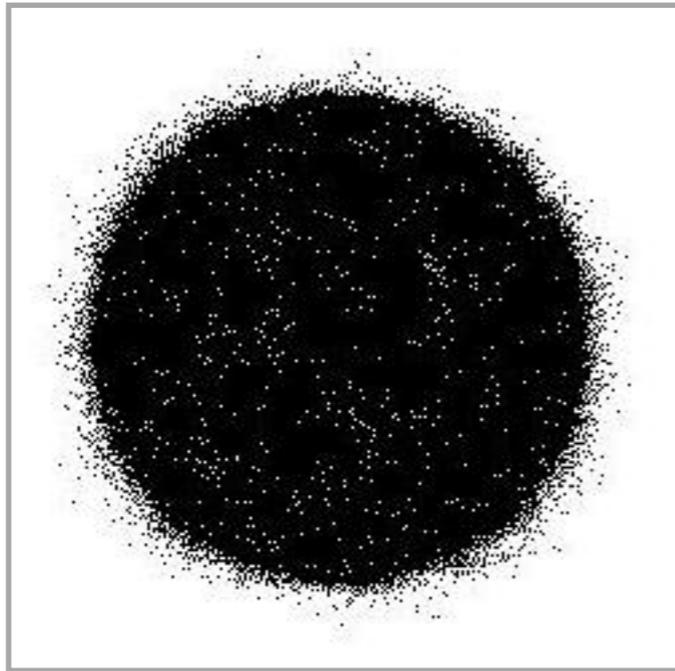


Восстановленное изображение, полученное из смоделированных данных эксперимента, когда 70 датчиков излучают и 2048 датчиков принимают сигнал

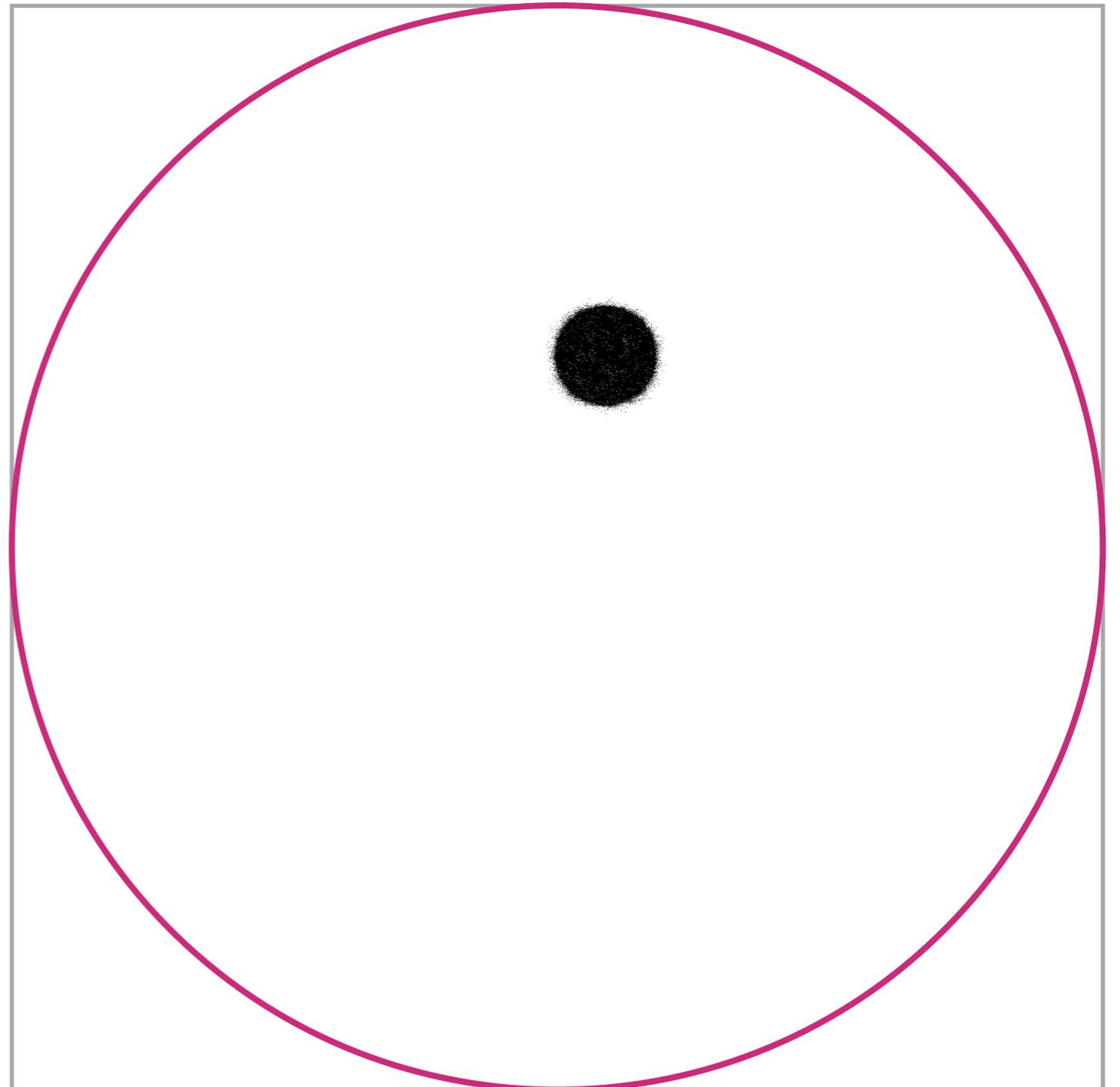


# Результаты

## 1 реализация алгоритма восстановления изображения

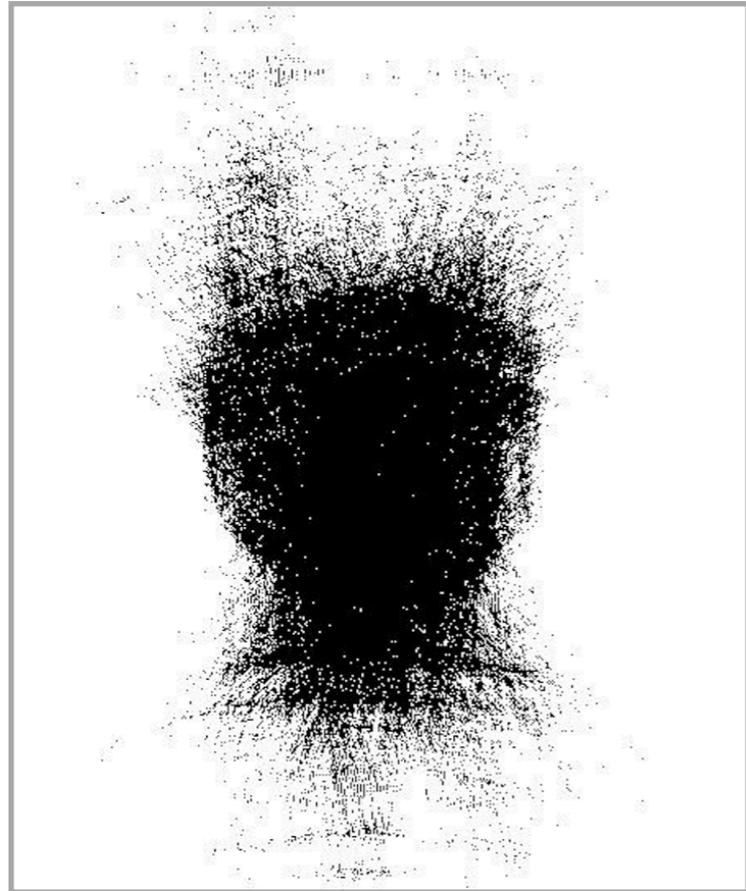


Восстановленное изображение, полученное из смоделированных данных эксперимента, когда 70 датчиков излучают и 2048 датчиков принимают сигнал

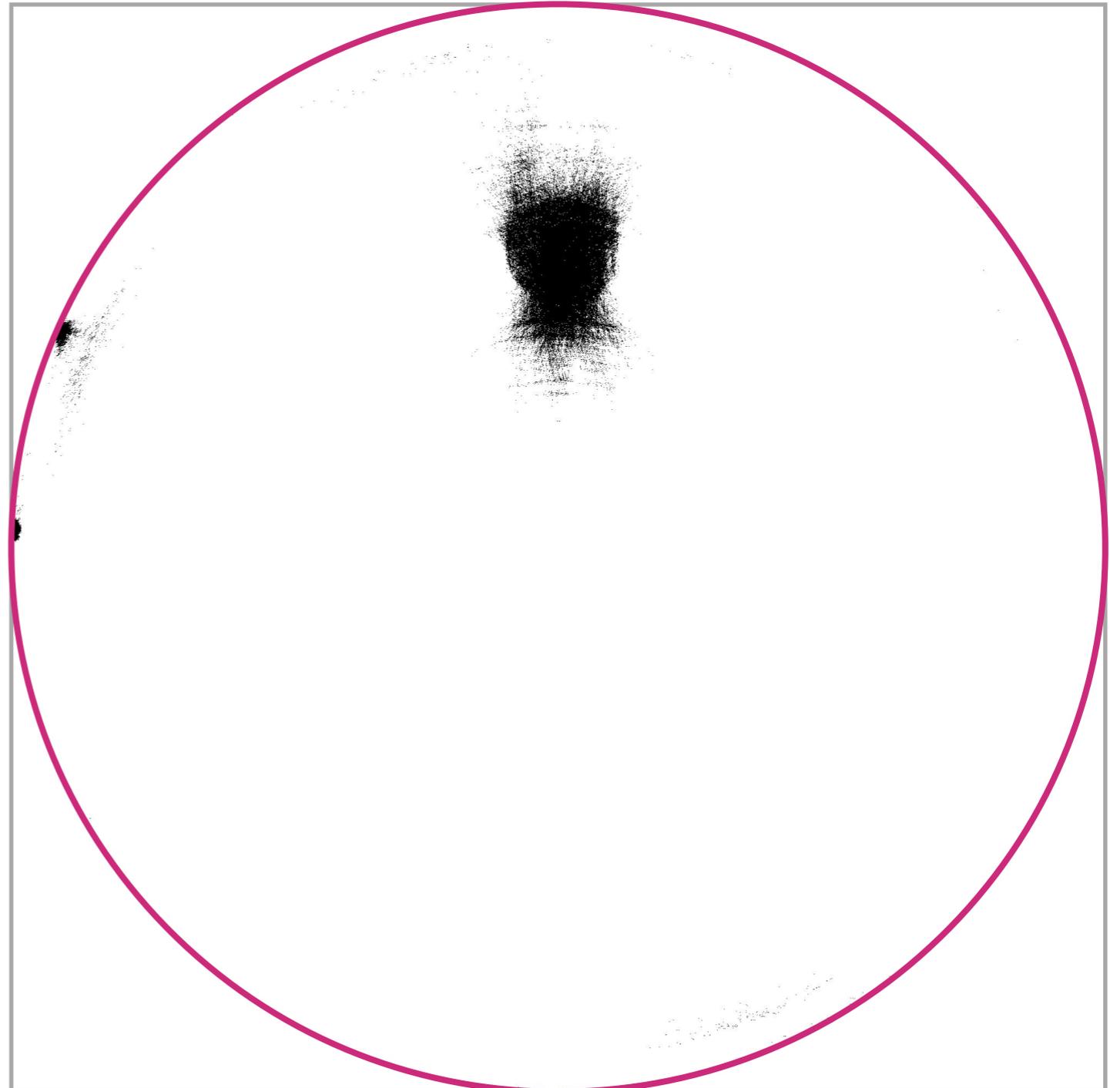


# Результаты

## Алгоритм восстановления изображения

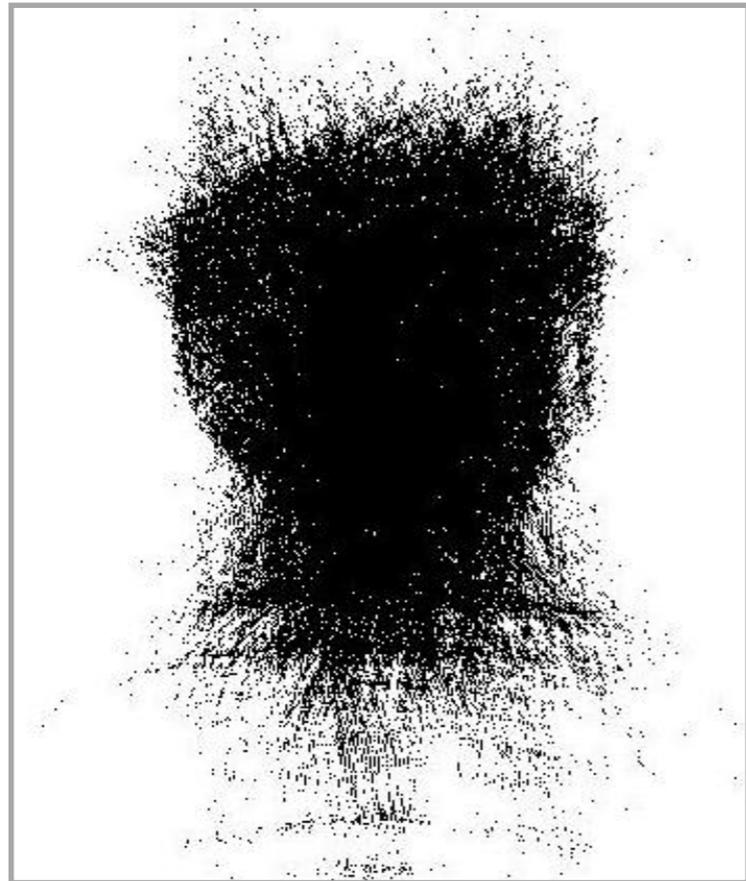


Восстановленное изображение, полученное из реальных данных эксперимента, в котором каждый 8-ой датчик испускает сигнал и все 2048 принимают.

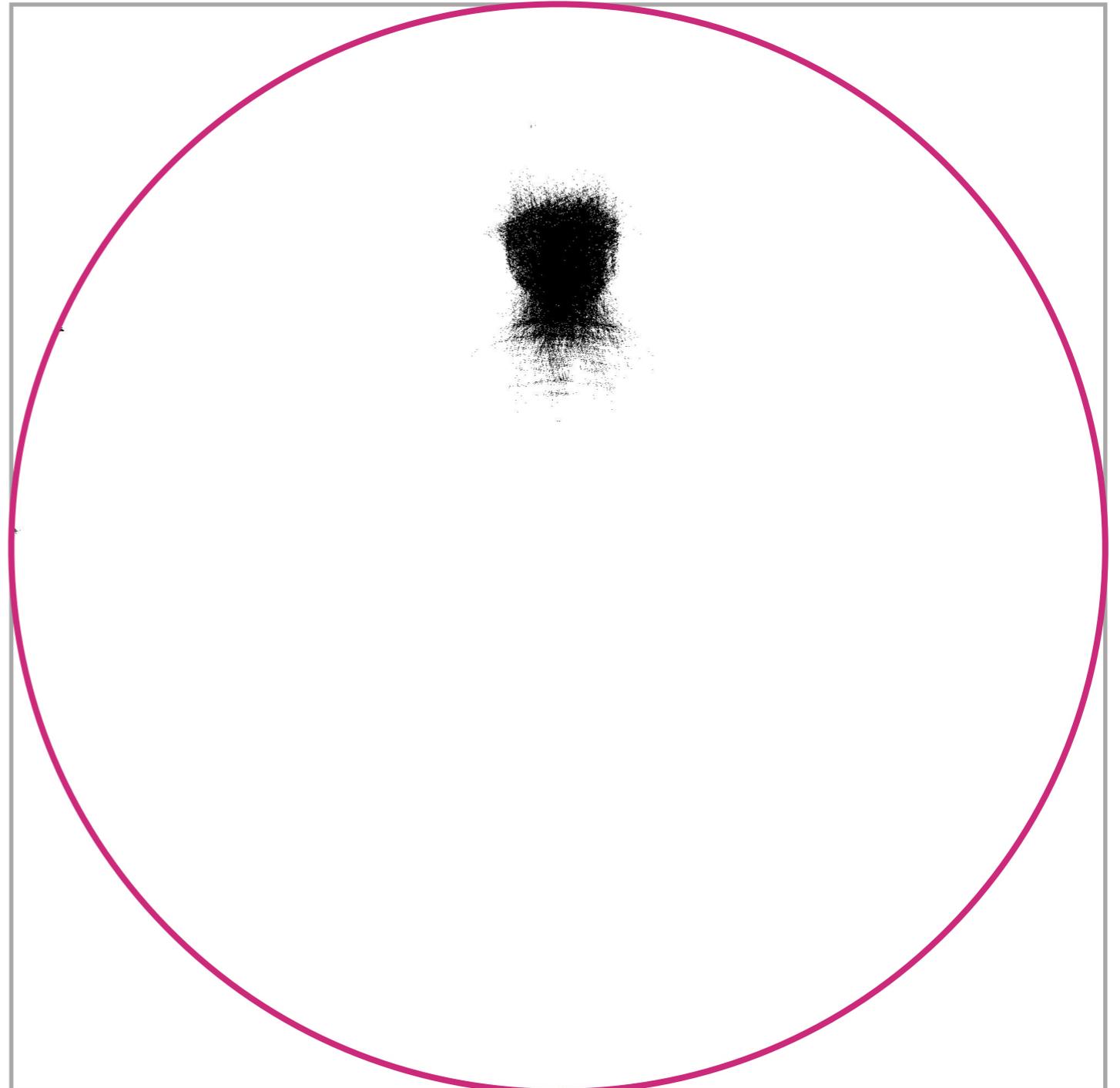


# Результаты

## Алгоритм восстановления изображения

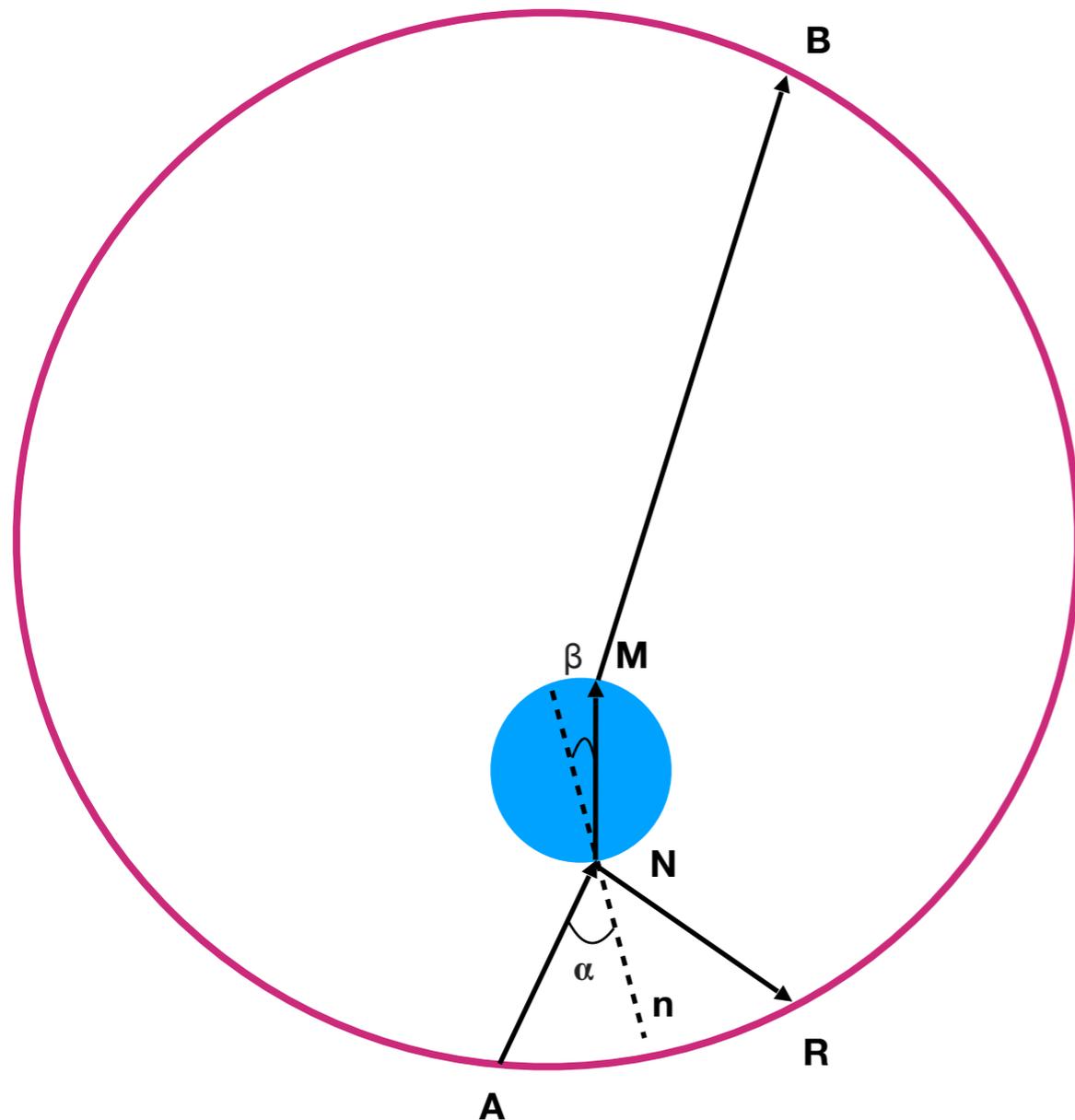


Каждый восьмой датчик  
испускает сигнал и все датчики,  
исключая ближайшие 600  
датчиков слева и справа,  
принимают сигнал.



# Решение

## Алгоритм расчета скорости звука



- Перебор точки N из всех точек объекта:

$$\|\vec{AN}\| + \|\vec{NR}\| \approx C_{water} * tof_{reflection}[a, r]$$

- Перебор скорости звука C в объекте:

- По закону Снеллиуса можно найти угол  $\beta$ :

$$C * \sin\beta = C_{water} * \sin\alpha$$

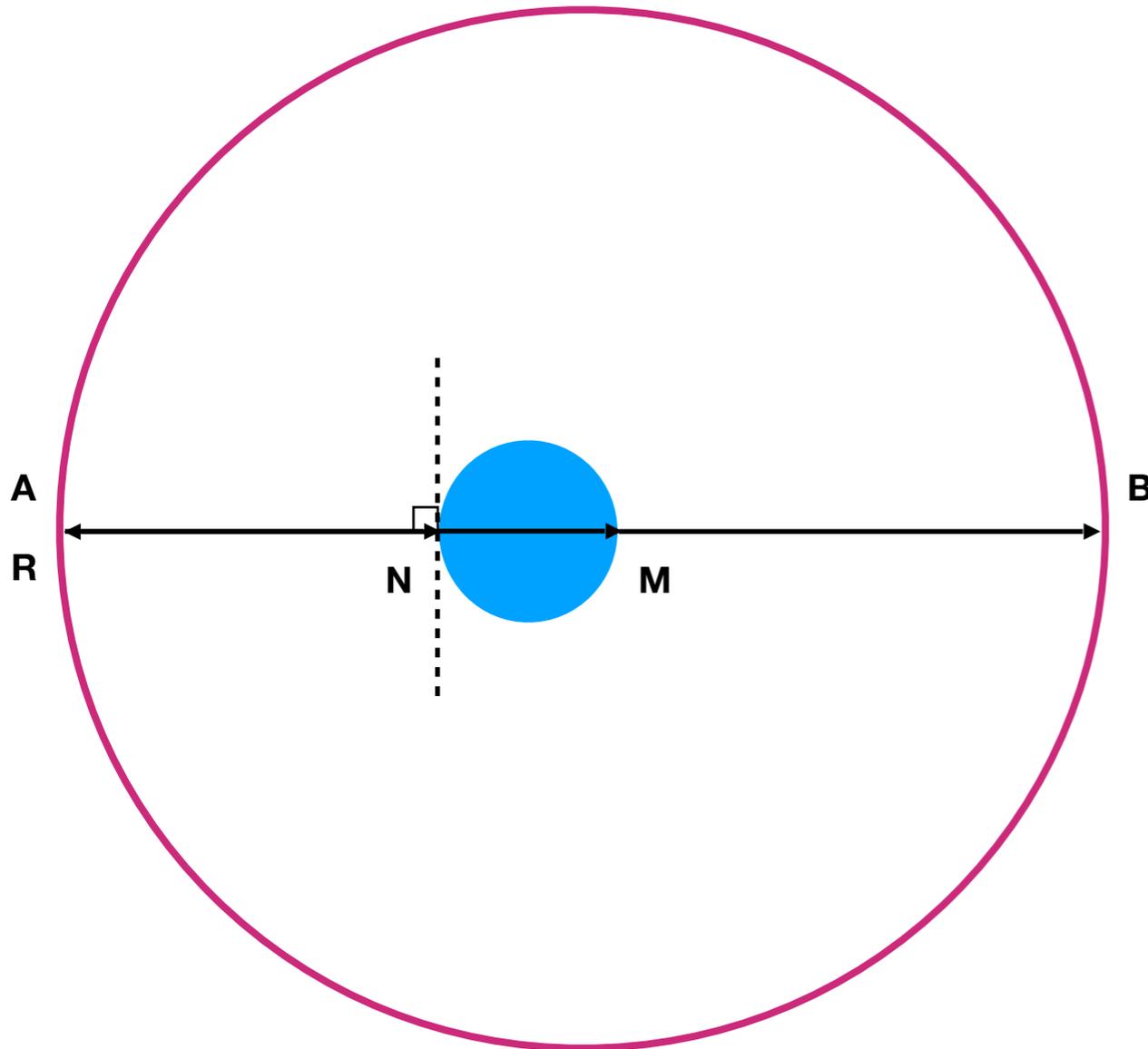
$$\frac{(\|\vec{AN}\| + \|\vec{MB}\|)}{C_{water}} + \frac{\|\vec{NM}\|}{C} = tof[a, b]$$

- Усреднение значения C при разных A, B, C

# Решение

## Алгоритм расчета скорости звука

Случай перпендикулярного падения луча



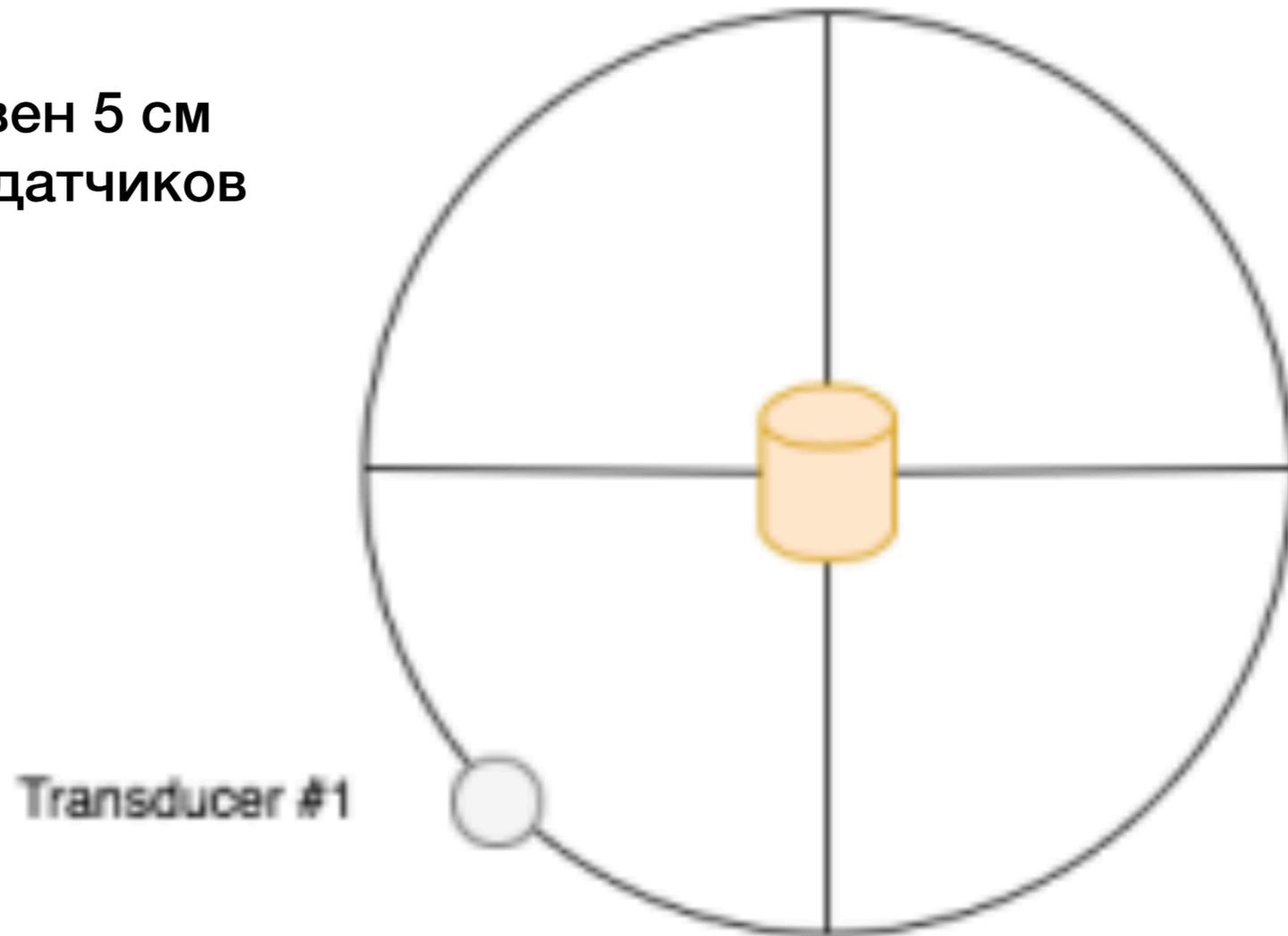
- A и B диаметрально противоположные
- Скорость звука в объекте C

$$\frac{(\|\vec{AN}\| + \|\vec{MB}\|)}{C_{water}} + \frac{\|\vec{NM}\|}{C} = tof[a, b]$$

# Результаты

## Алгоритм расчета скорости звука

- Радиус объекта равен 5 см
- Радиус кольца из датчиков равен 22 см



# Результаты

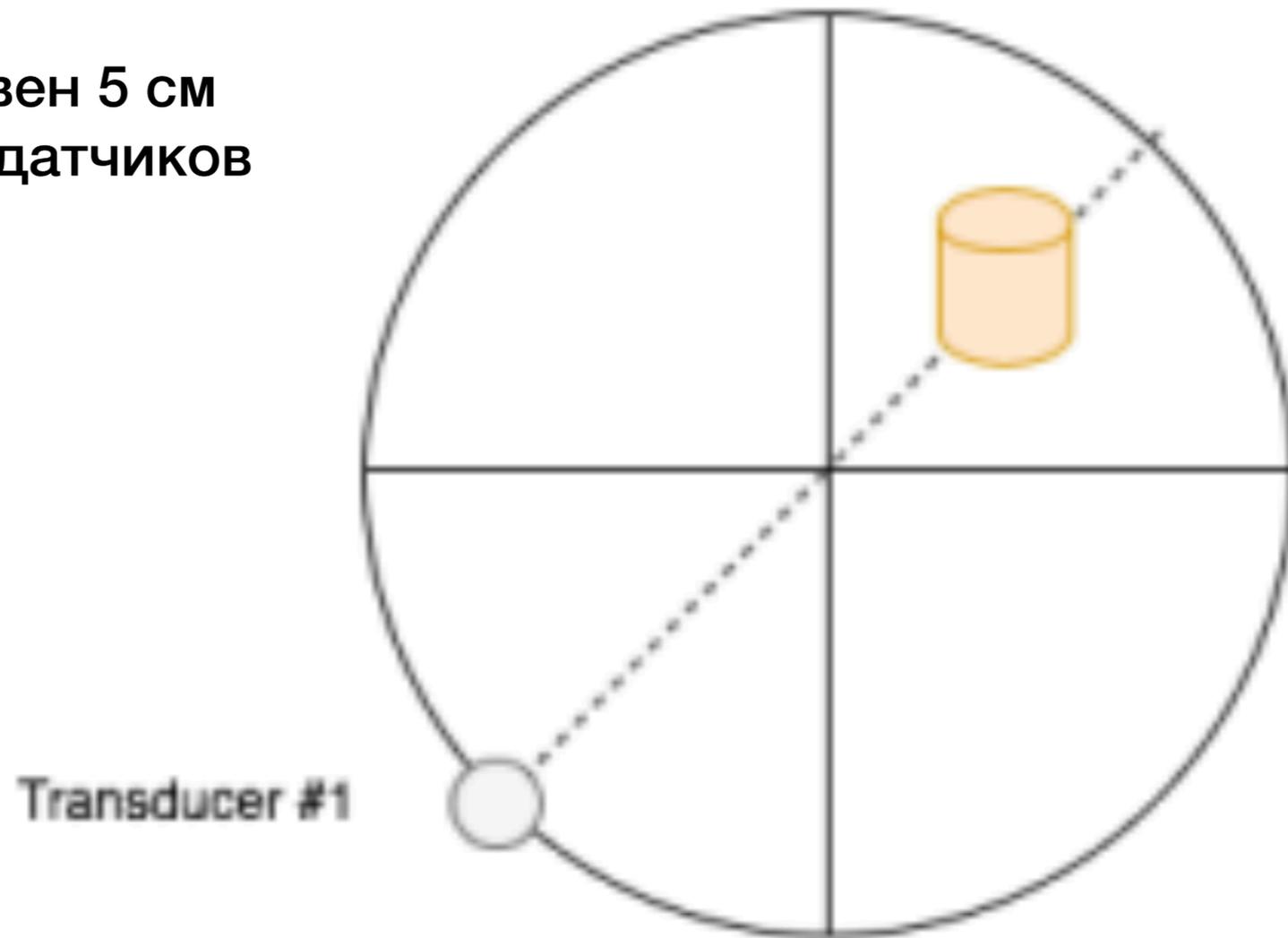
## Алгоритм расчета скорости звука

Номера датчиков	Значение скорости звука(м/с)
испускающий – 15, принимающий – 1039	1609.33264
испускающий – 33, принимающий – 1057	1607.26334
испускающий – 1000, принимающий – 2024	1609.33264
испускающий – 1700, принимающий – 676	1609.33264
испускающий – 1800, принимающий – 776	1594.958457

# Результаты

## Алгоритм расчета скорости звука

- Радиус объекта равен 5 см
- Радиус кольца из датчиков равен 22 см



# Результаты

## Алгоритм расчета скорости звука

Номера датчиков	Значение скорости звука(м/с)
испускающий – 513, принимающий – 1537	1632.451629
испускающий – 515, принимающий – 1539	1596.996171
испускающий – 510, принимающий – 1534	1607.26334
испускающий – 511, принимающий – 1535	1611.407274

# Заключение

- Произведён анализ предметной области, изучена модель аппарата, сделан обзор существующих решений.
- Разработаны и реализованы алгоритмы восстановления изображений особых областей по данным ультразвуковой томографии
- Смоделированы данные time of flight сквозных сигналов для тестирования алгоритма восстановления изображения.
- Разработаны и реализованы алгоритмы нахождения плотности особых областей.
- Получены результаты применения алгоритма как на смоделированных данных, так и на данных, полученных с помощью работы аппарата ультразвуковой томографии.