

Комплексирование гидролокационных и видео данных при исследованиях подводных потенциально опасных объектов в Карском море и заливах Новой земли

Анисимов И.М., Муравья В.О., Тронза С.Н.

ФГБУН Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН



Исследования потенциально опасных объектов



НИС «Академик Мстислав Келлдыш»
ИО РАН
Годы экспедиций: 1993, 2007, 2015,
2016, 2017, 2018, 2019



НИС «Профессор Штокман»
ИО РАН
Годы экспедиций: 2004, 2005,
2006, 2013



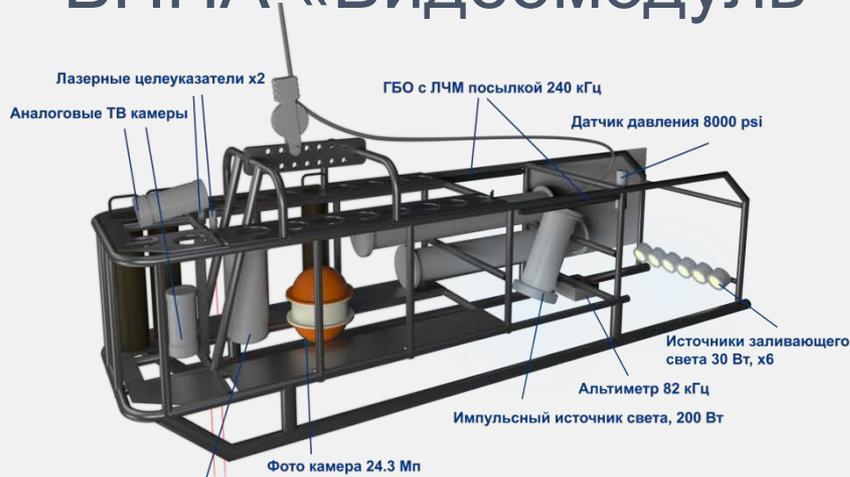
МСБ «Неотразимый»
ФГУ ГОСАКВАСПАС
Годы экспедиций: 2011, 2012

Задачи экспедиций:

- Обследование района нахождения подводных потенциально опасных объектов (ППО) с использованием геофизической аппаратуры на предмет детального радиационного мониторинга акваторий и уточнения местоположения ППО;
- Отбор проб придонной воды и донного грунта в районах нахождения радиационно-опасных подводных объектов с целью получения оперативной информации об уровнях гамма-излучения с помощью аппаратуры радиационного контроля;
- Визуальный осмотр ППО с помощью видеосистем буксируемых и телеуправляемых подводных аппаратов;
- Оперативное измерение уровней гамма-излучения вблизи ППО с помощью телеуправляемых аппаратов с установленным оборудованием радиационного контроля.



БНПА «Видеомодуль»

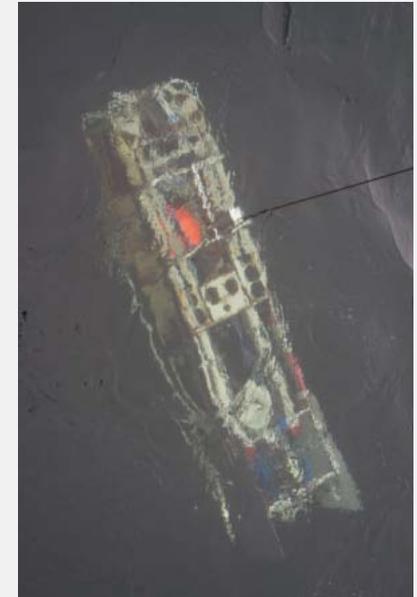


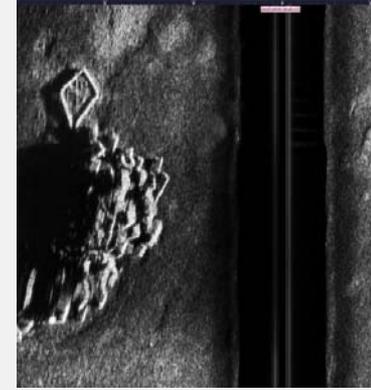
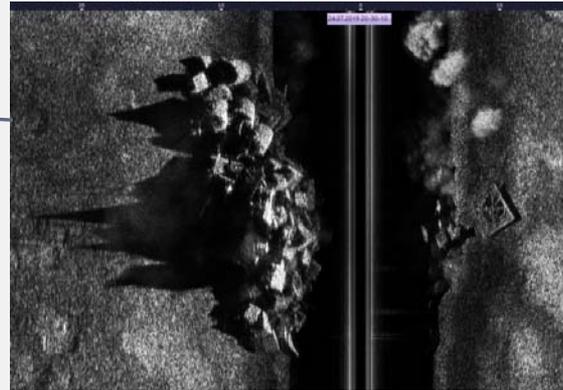
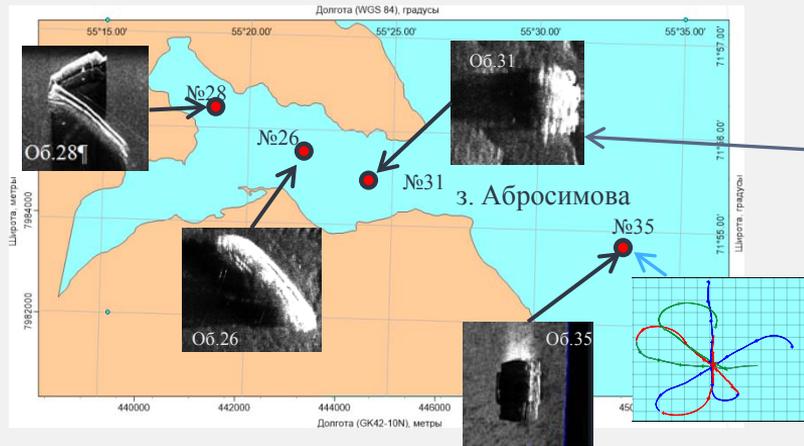
Цифровая видеокамера Full HD, 50 к/с

- Рабочая глубина: до 6000 м
- Угол обзора HD камеры: 50° в воде
- Угол обзора фото камеры: 50° в воде
- Дальность ГБО: до 250 м на борт
- Электропитание: свинцово-гелевые АКБ
- Передача данных: кабель-трос с оптическим волокном (3 км, 7 км)
- Размеры: 2,7 x 0,7 x 0,9 м
- Вес: 500 кг с установленными грузами

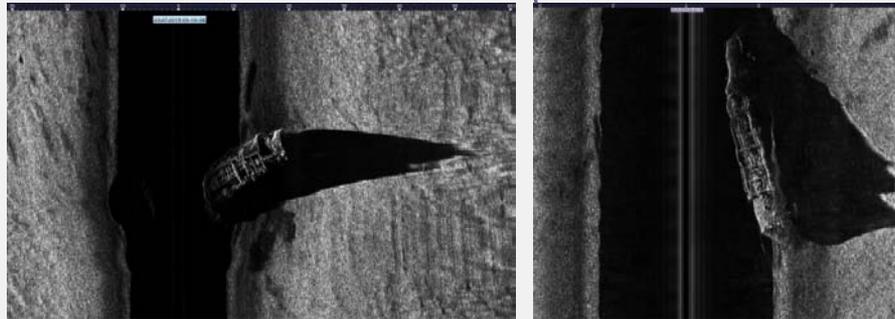
Назначение:

- Совместная видео, фото и гидролокационная съемка поверхности дна
- Проведение работ по поиску и осмотру подводных объектов





Изображения объекта №31 (группа контейнеров), полученные с помощью ГБО-ВМ в ходе 76 рейса «АМК»



Изображения объекта №35 (РО АПЛ), полученные с помощью ГБО-ВМ в ходе 76 рейса «АМК»



Фрагмент архивной видеозаписи затопления РО АПЛ К-19 на входе в залив Абросимова

Изображения объекта №35 (РО АПЛ), полученные с помощью видео и фото камеры в составе БНПА «Видеомодуль» в ходе 76 рейса «АМК»

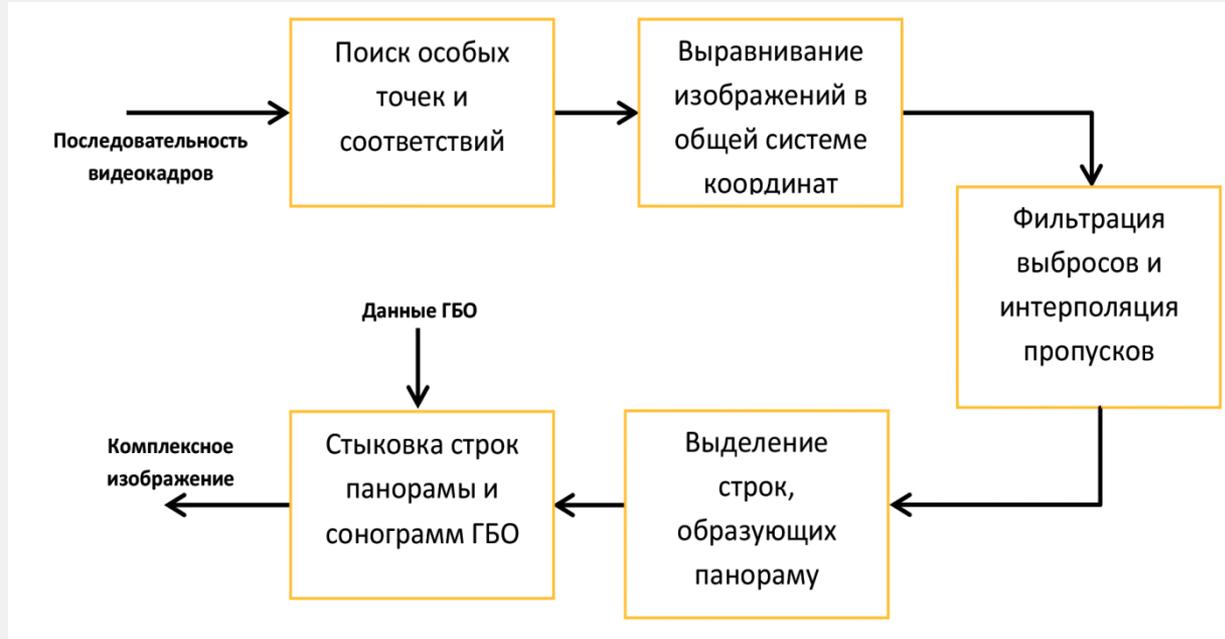


Изображения объекта №31 (группа контейнеров)

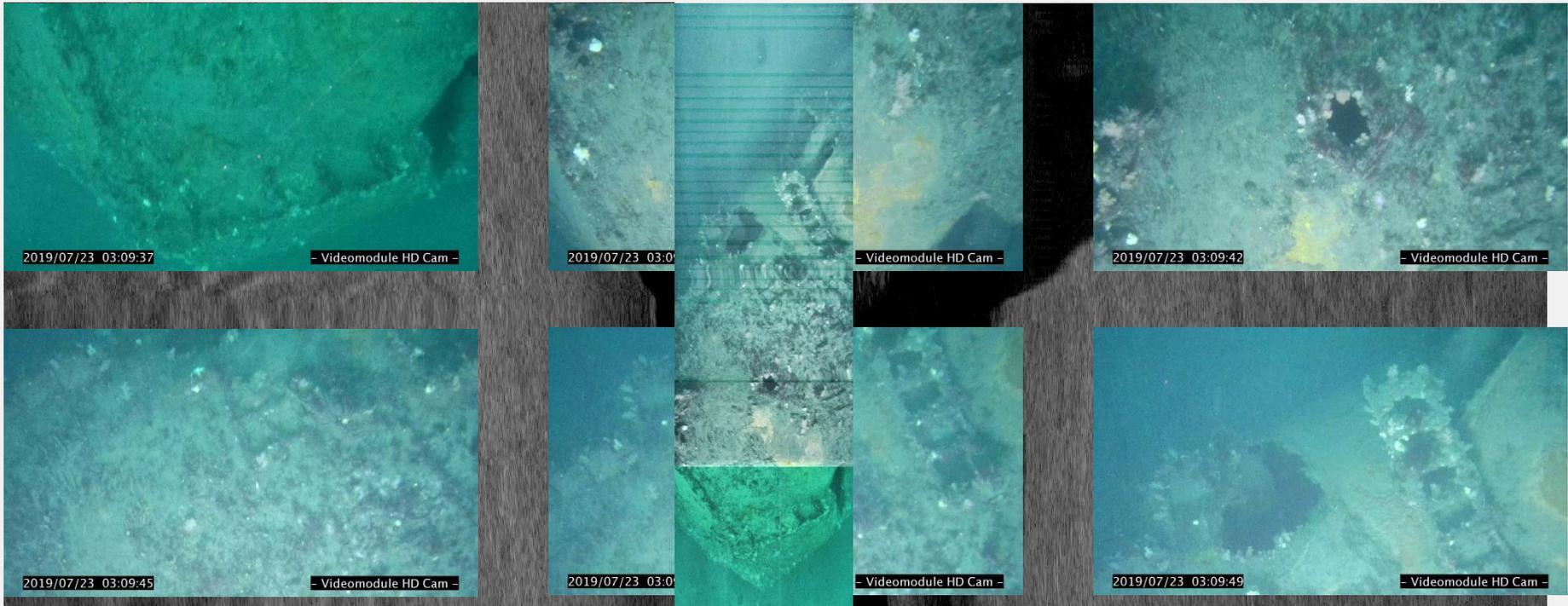
Цель –

**объединение гидролокационных и
видео данных для более удобной их
интерпретации**

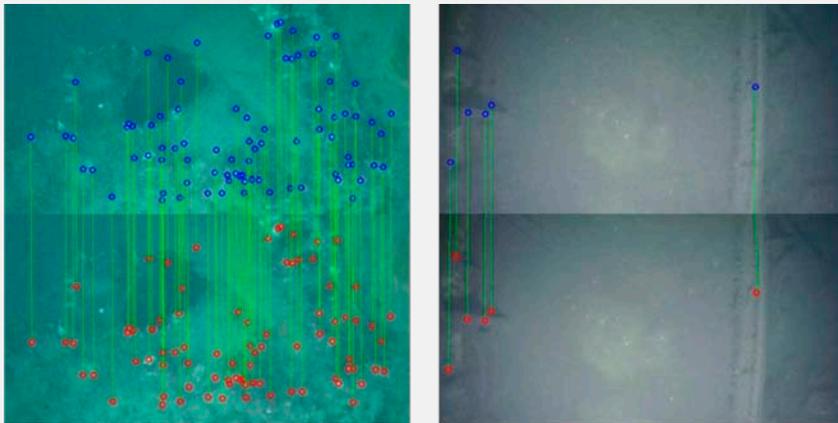
Алгоритм комплексирования гидролокационных и видео изображений



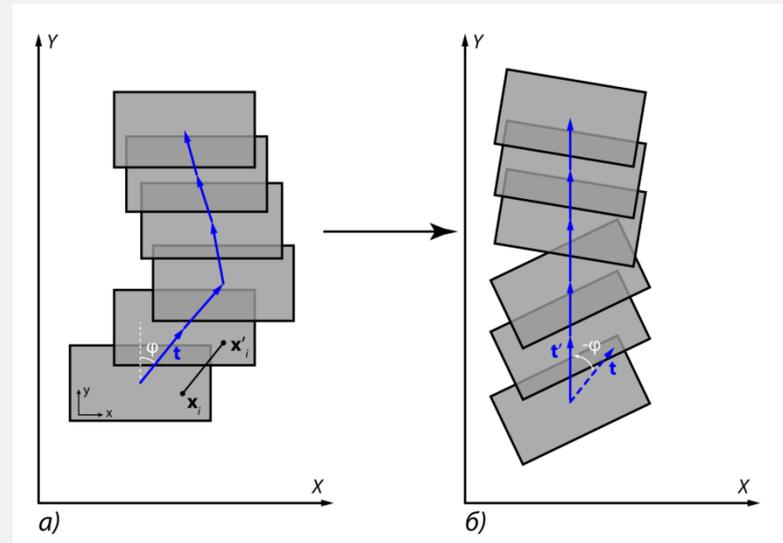
Алгоритм комплексирования гидролокационных и видео изображений



Выравнивание изображений



Соответствия точек последовательных видеокadres, обнаруженные с помощью алгоритма SIFT



$$\mathbf{x}'_i = \mathbf{x}_i + \mathbf{t}$$

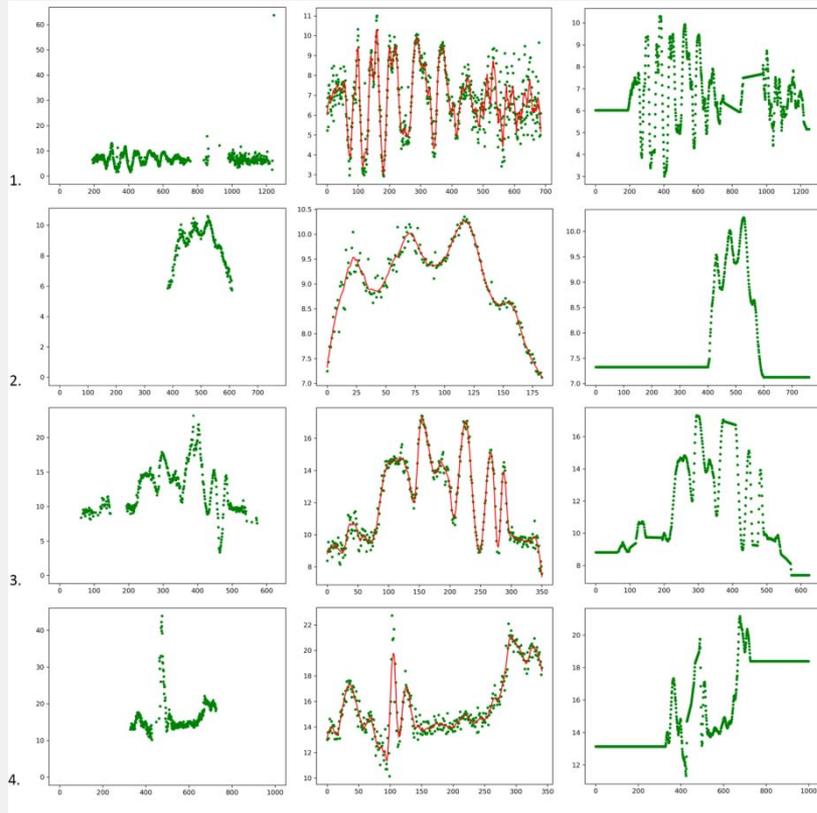
$$t'_i = \sqrt{t_{xi}^2 + t_{yi}^2}$$

$$\begin{pmatrix} \mathbf{I}_{2 \times 2} & \mathbf{x}_1 - \mathbf{x}'_1 \\ \vdots & \vdots \\ \mathbf{I}_{2 \times 2} & \mathbf{x}_N - \mathbf{x}'_N \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \mathbf{t} \\ 1 \end{pmatrix} = \mathbf{0}$$

$$\varphi = \arctan \left(\frac{t_{xi}}{t_{yi}} \right)$$

Принцип выравнивания дискретных видеокadres в общей системе координат для построения панорамы: а) Модель движения камеры БНПА «Видеомодуль»; рамками обозначены дискретные видеокadres; б) Выравнивание видеокadres для построения прямого панорамного изображения. Обозначения: (x, y) – локальная система координат для каждого изображения, (X, Y) – общая система координат, \mathbf{t} – вектор смещения для пары изображений, \mathbf{t}' – вертикально ориентированный вектор, равный по длине вектору \mathbf{t} , φ – угол отклонения вектора \mathbf{t} от вертикальной оси общей системы координат.

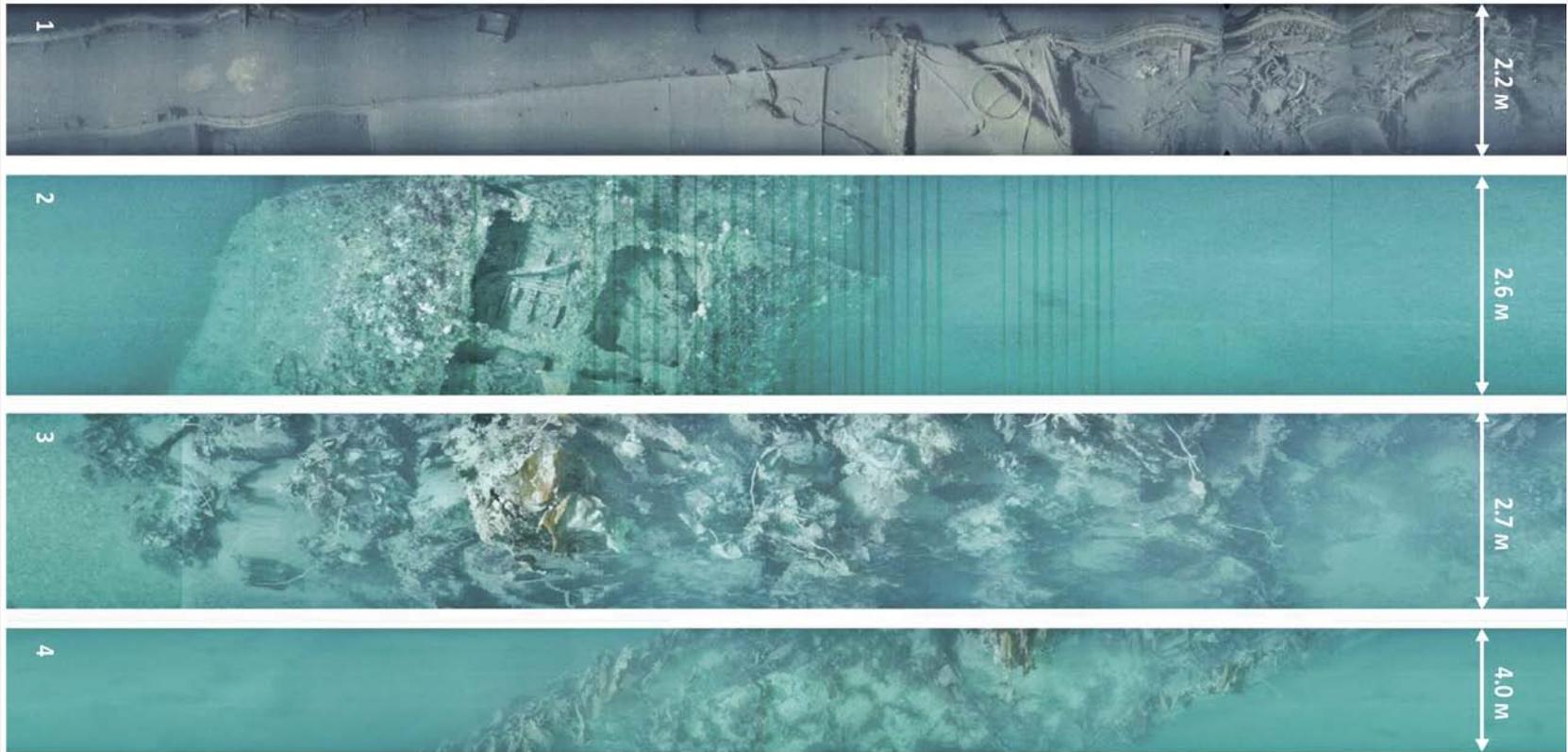
Фильтрация выбросов и обработка «плохих» изображений



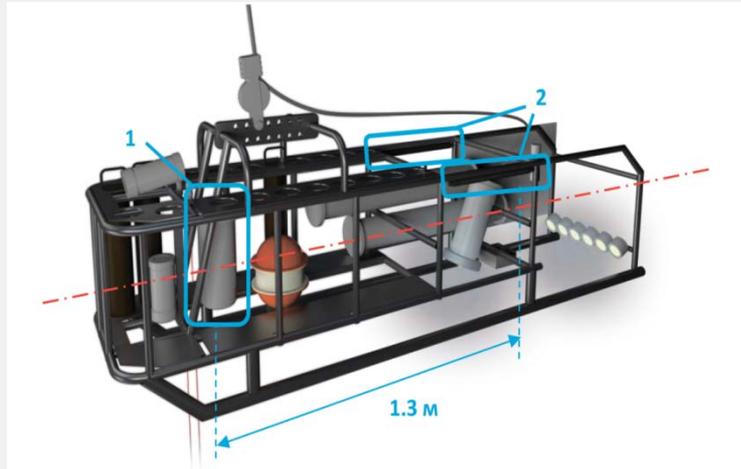
1. Фильтрация выбросов: для обеих компонент t_i вычисляется среднее значение M_{tx} , M_{ty} и дисперсия σ_{tx}^2 , σ_{ty}^2 . Составляется выборка значений t_{xi} , t_{yi} .
2. К полученной выборке применяется фильтр Савицкого-Голея, с помощью которого сглаживается шум в значениях t_i .
3. Значения в исходном массиве t_i заменяются на отфильтрованные, пробелы заполняются методом линейной интерполяции.

Ось абсцисс – количество видеок кадров. Ось ординат – значение отклонения в пикселях. Левый столбец: рассчитанная y -компонента для изображений, между которыми удалось установить соответствия точек. Пробелы в данных обозначают «плохие» пары видеок кадров. Средний столбец: точками обозначена выборка из исходного массива y -компонент. Линией обозначен результат фильтрации методом Савицкого-Голея. Правый столбец: конечный результат, полученный заменой исходного массива отфильтрованными данными, пробелы заполнены методом линейной интерполяции.

Результат построения панорамных изображений



Сопоставление панорам с изображениями ГБО



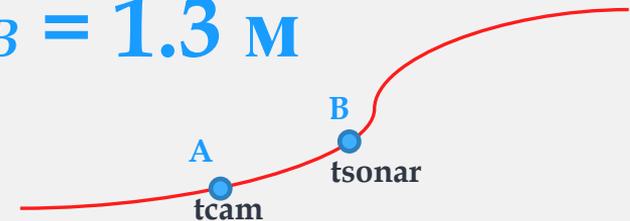
$$a = \sin^2\left(\frac{\varphi_B - \varphi_A}{2}\right) + \cos \varphi_A \cdot \cos \varphi_B \cdot \sin^2\left(\frac{\lambda_B - \lambda_A}{2}\right)$$

$$c = 2 \cdot \arctan\left(\frac{\sqrt{a}}{\sqrt{1-a}}\right)$$

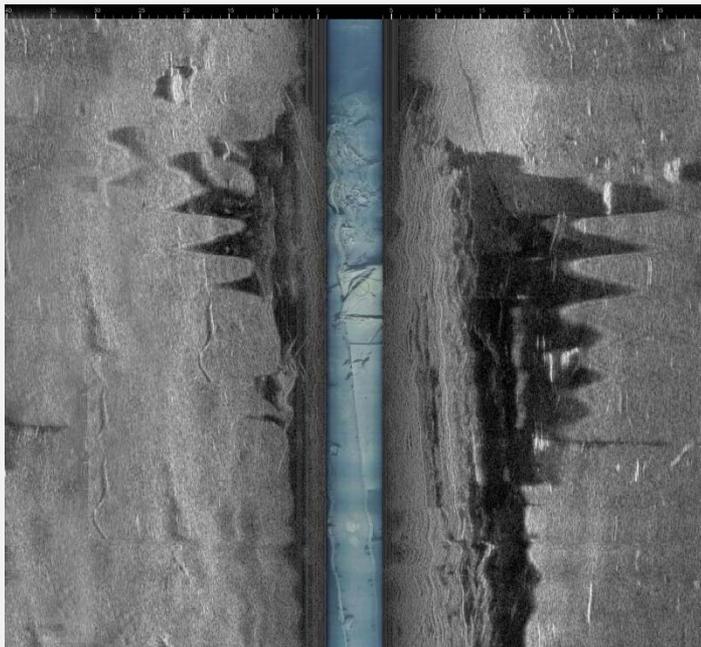
$$d_{AB} = c \cdot R_{Earth}$$

$(\varphi_A, \lambda_A), (\varphi_B, \lambda_B)$ – широта
и долгота точки A и B
соответственно

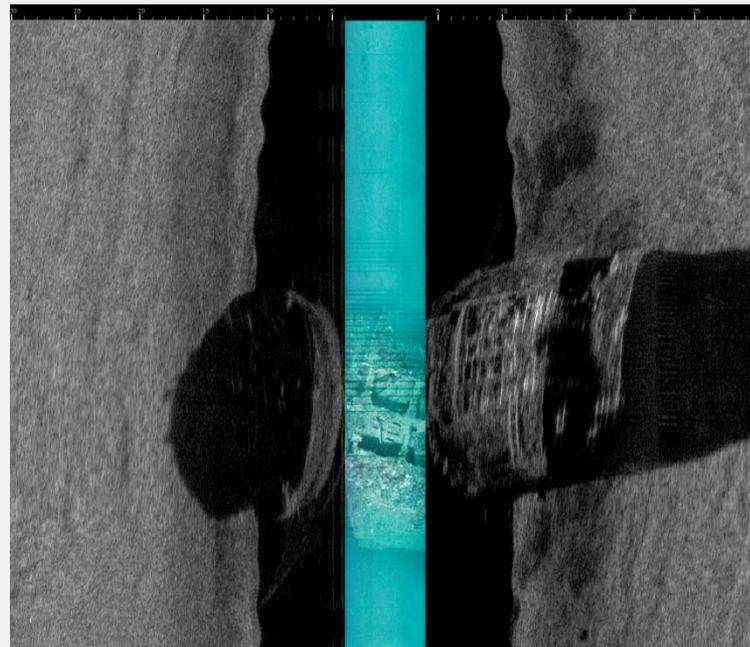
$$d_{AB} = 1.3 \text{ м}$$



Результаты построения комплексных изображений

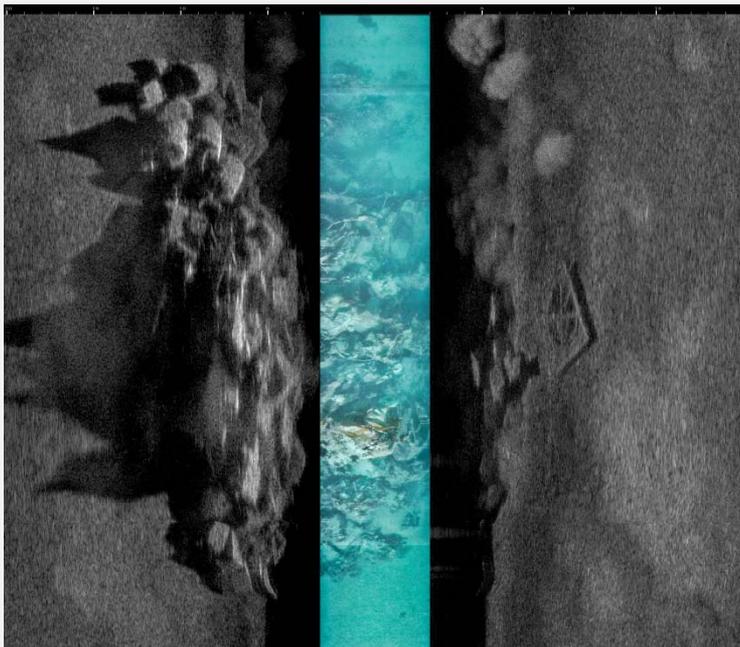


Танкер ТНТ-15,
Новоземельская впадина

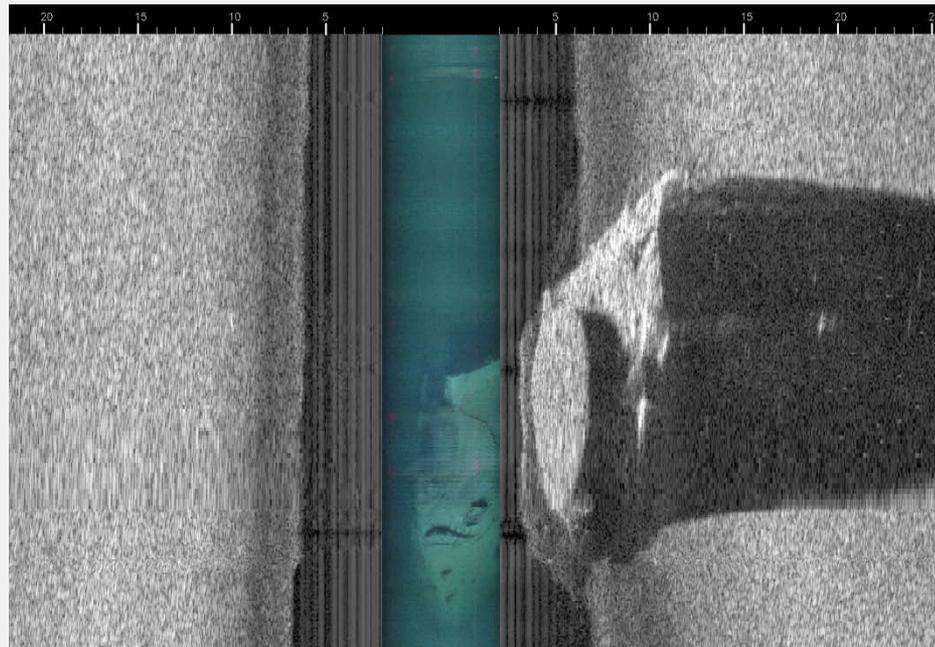


Реакторный отсек АПЛ К-19,
залив Абросимова, Новая Земля

Результаты построения комплексных изображений



Группа контейнеров с ТРО,
залив Абросимова, Новая Земля



Экранная сборка атомного ледокола «Ленин»,
залив Цивольки, Новая Земля



Спасибо за внимание!

Отряд подводных исследований,
76-й рейс НИС «Академик Мстислав
Келдыш»