О ПРИМЕНЕНИИ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В ПОДВОДНОЙ АРХЕОЛОГИИ

Дунчевская С.В.,
(НПП «Форт XXI»)
Сычев В.А., Фазлуллин С.М.
(Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН)

Цель доклада:

показать перспективность применения современных гидроакустических средств (ГС) в подводных археологических исследованиях (ПАИ)

Решаемые задачи

1. Анализ актуальности проблемы
2. Обзор современных ГС
3. Поиск эффектных приложений ГС в подводных археологических исследованиях
4. Реализация ГС, приспособленных для проведения подводных археологических исследований

Виды подводных археологических объектов

- Следы древних цивилизаций
- Фрагменты древних сооружений и инфраструктуры
- Затонувшие суда и подводные объекты
- Подводные артефакты

Некоторые характерные виды подводных объектов

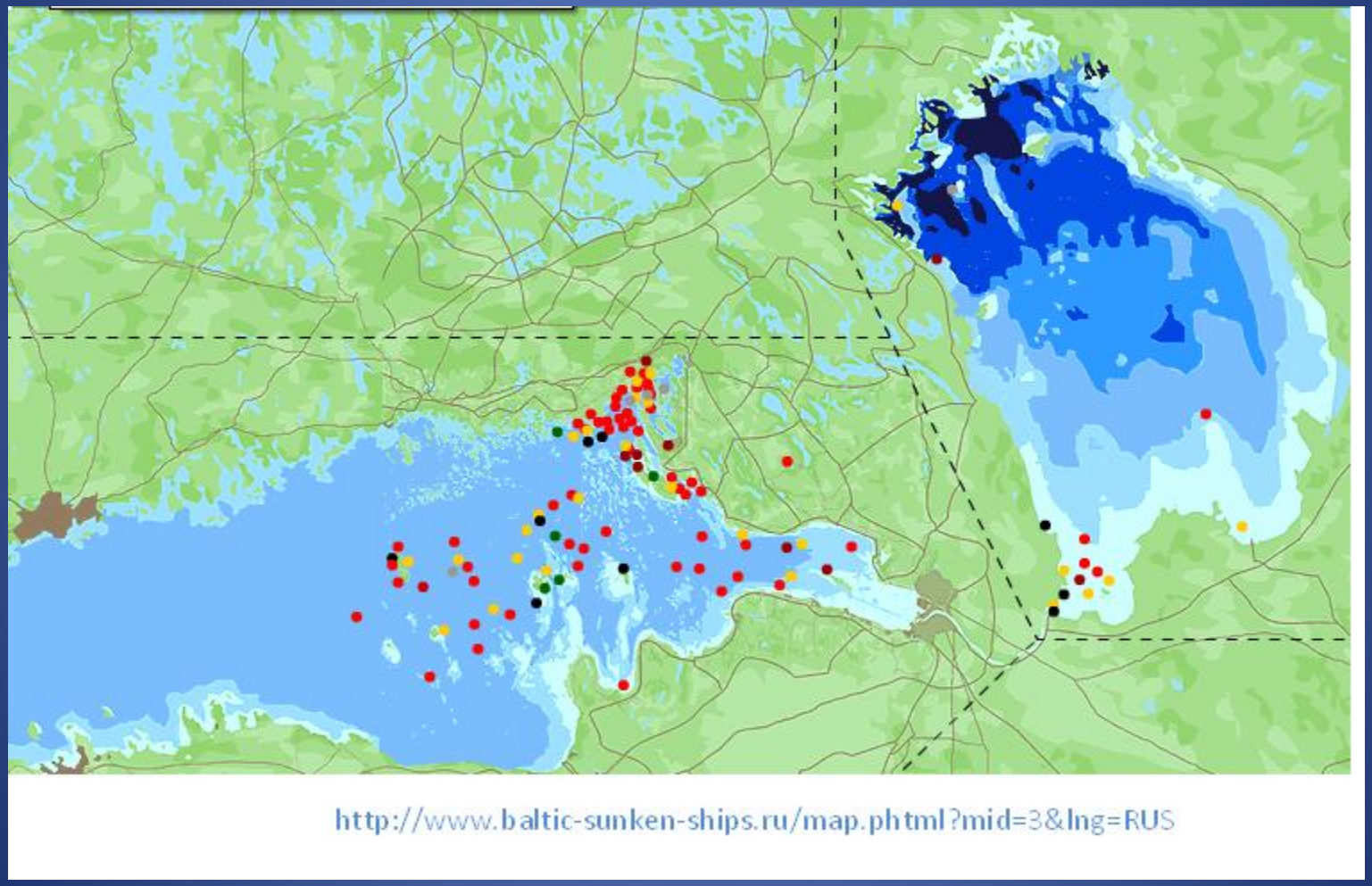
1. Геофизические структуры различной природы
2. Крупные объекты (например, суда крупного и среднего размера, трубопроводы) на однородной, ровной поверхности дна
3. Те же объекты , но на неоднородной, неровной поверхности дна
4. Малоразмерные объекты (например, автомобили и маломерные суда) на однородной, ровной поверхности дна
5. Те же объекты, но на неоднородной, неровной поверхности дна
6. Объекты, покрытые слоем осадков (поддонные объекты, такие как, например, контейнеры или снаряды)

Основные технические средства, используемые в подводной археологии

- Гидроакустические средства
- Подводные фото- и телевизионные комплексы
- Металлоискатели
- Магнитометры
- Металлоискатели
- Георадары
- Подводные необитаемые и обитаемые аппараты

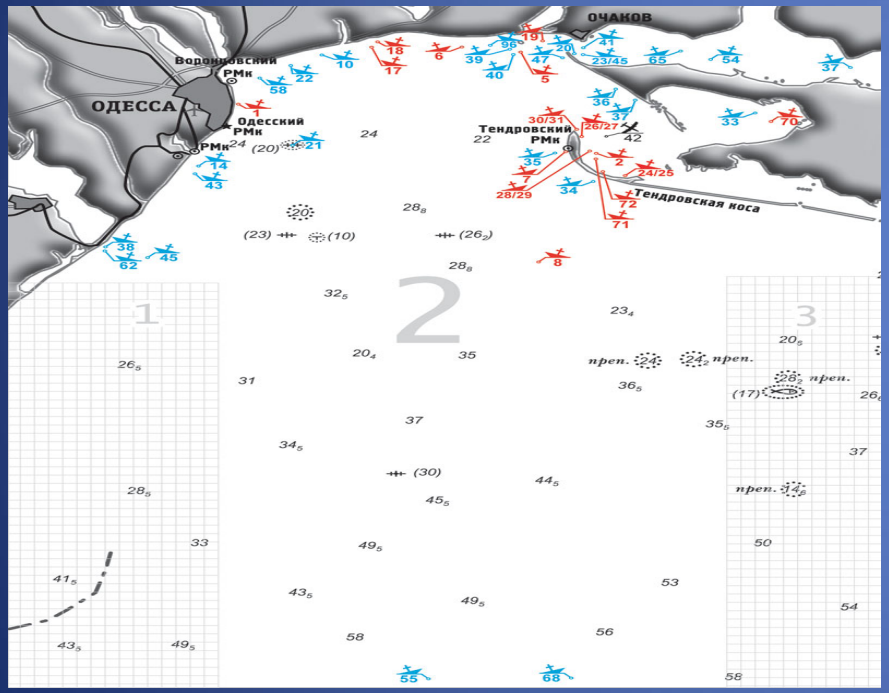
Регионы для проведения ПАО

Объекты подводной археологии в Балтийском море и Онежском озере

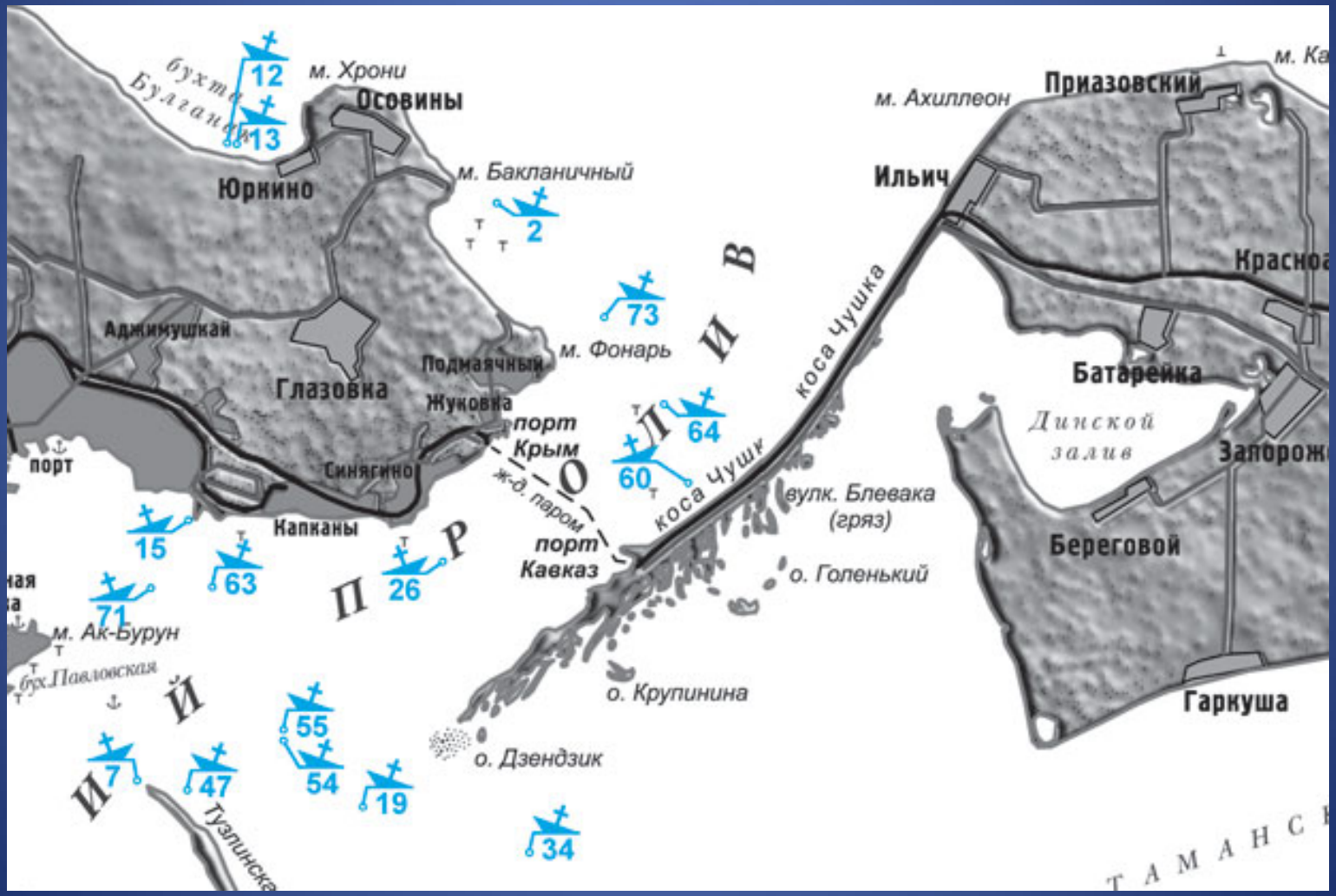


http://www.baltic-sunken-ships.ru/map.phtml?mid=3&lng=RUS

Объекты подводной археологии в Черном море



Объекты подводной археологии в Керченском проливе



Объекты подводной археологии в Европе

http://maps.google.ru/maps/ms?ie=UTF8&t=p&source=embed&oe=UTF8&msa=0&msid=100662484394320747084.00045e6809b5646a816d3

КЛАССИФИКАЦИЯ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

ТРАДИЦИОННЫЕ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

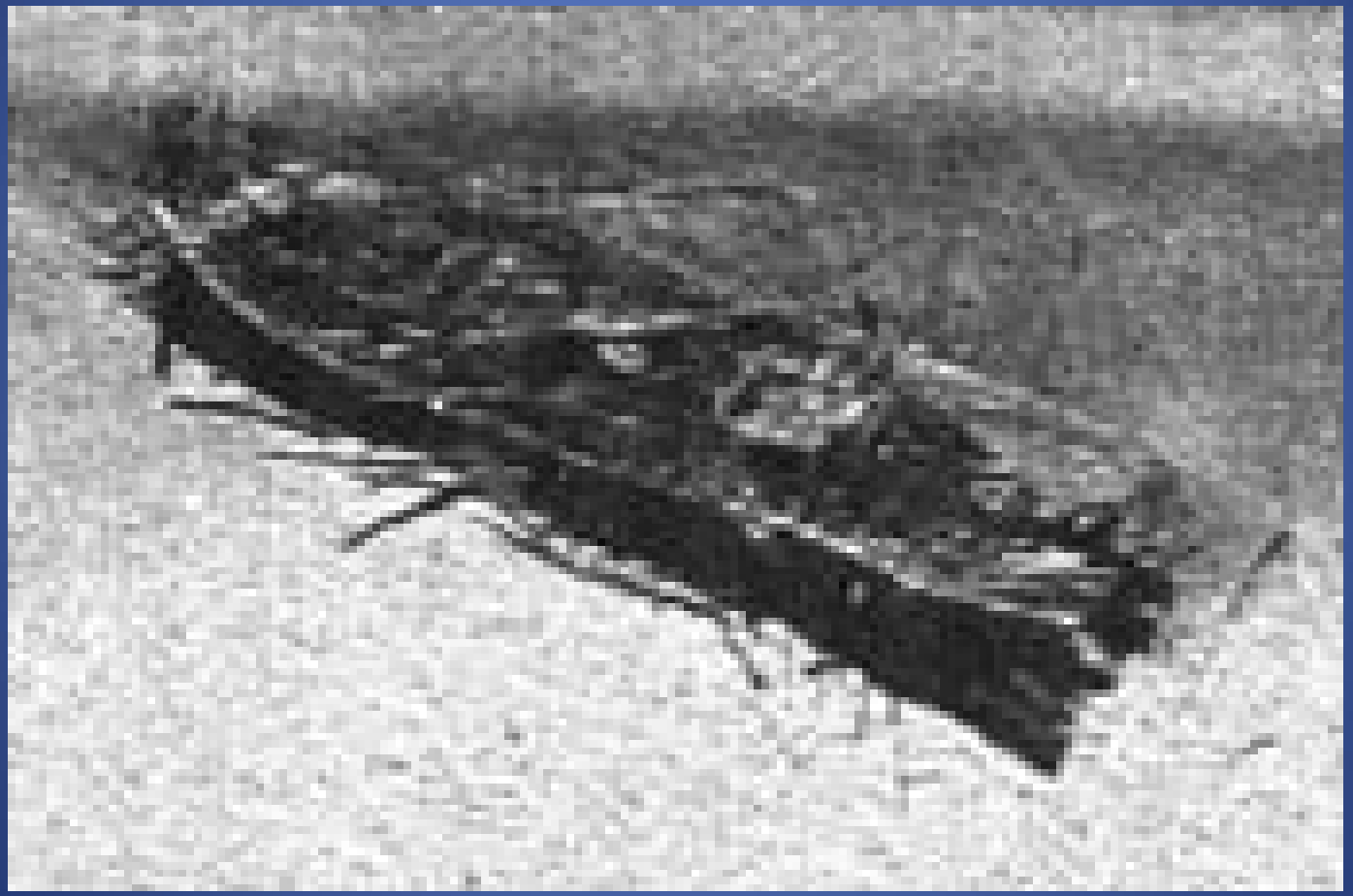
- однолучевые эхолоты
- мультибимы
- гидролокаторы бокового обзора

НОВЫЕ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

- параметрические акустические профилографы
- интерферометрические ГБО
- ГБОс синтезированной аппаратурой
- параметрические ГБО с синтезированной аппартурой
- мультистатические ГБО

http://www.ocean.ru/

2-D изображение нидерландского судна «Херника-Каторина», 1853 г.



http://www.baltic-sunken-ships.ru/page.phtml?id=11&mid=52&lng=RUS

2-D изображение судна «Архангел Рафаила», 1724 г.

http://www.baltic-sunken-ships.ru/page.phtml?id=10&mid=48&lng=RUS

Мозаика из сонограмм дна реки Волхов

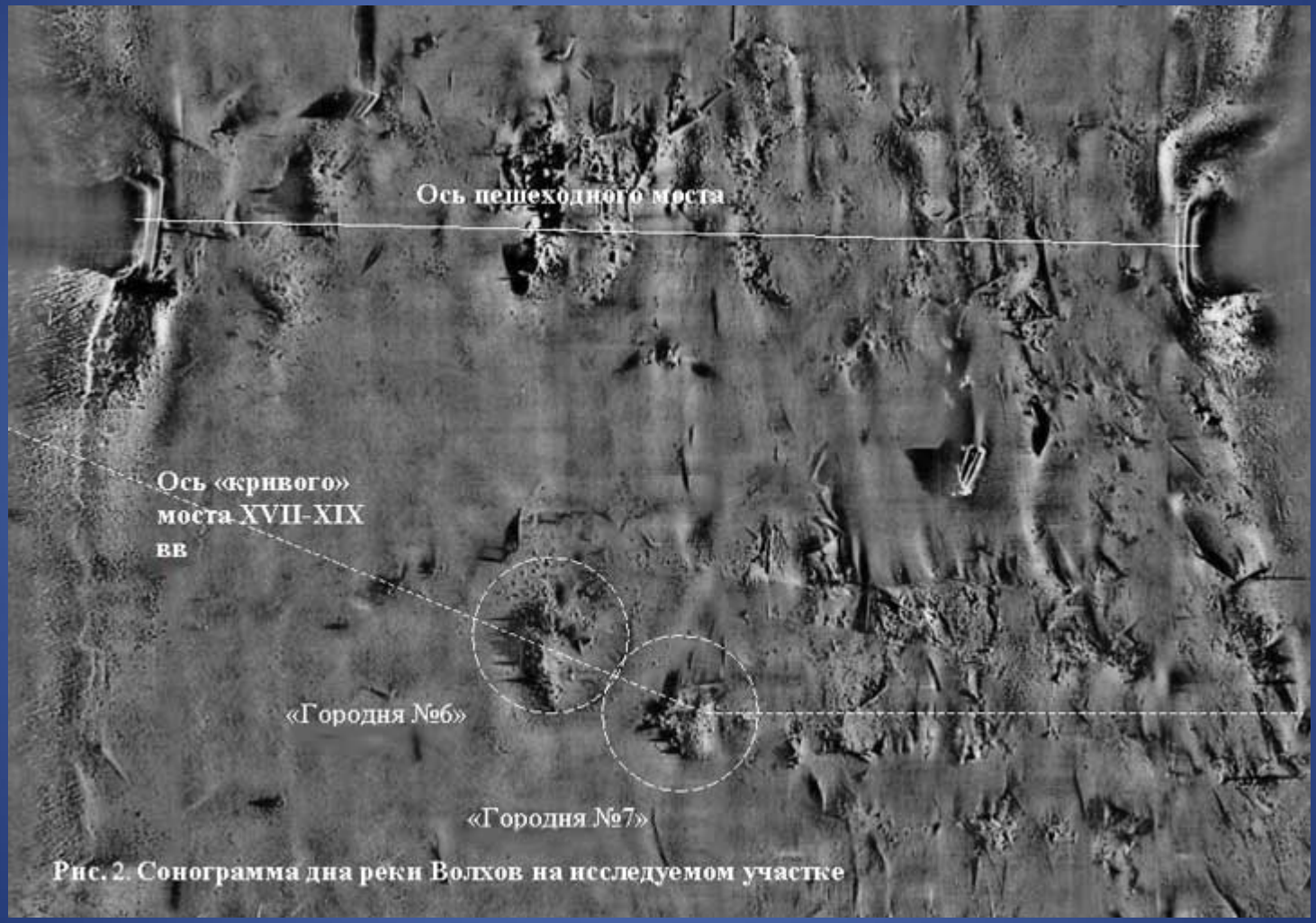
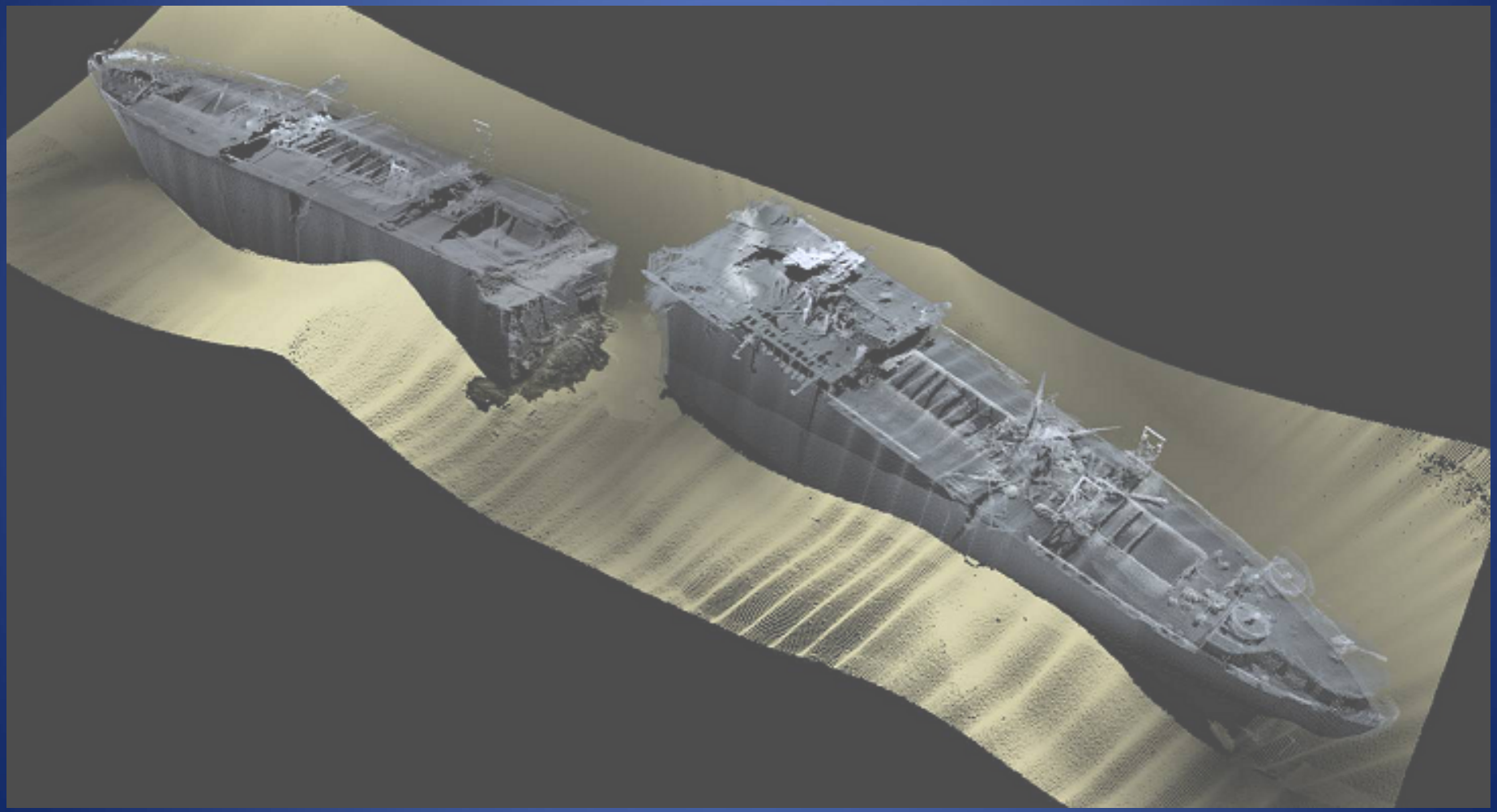


Рис. 2. Сонограмма дна реки Волхов на исследуемом участке

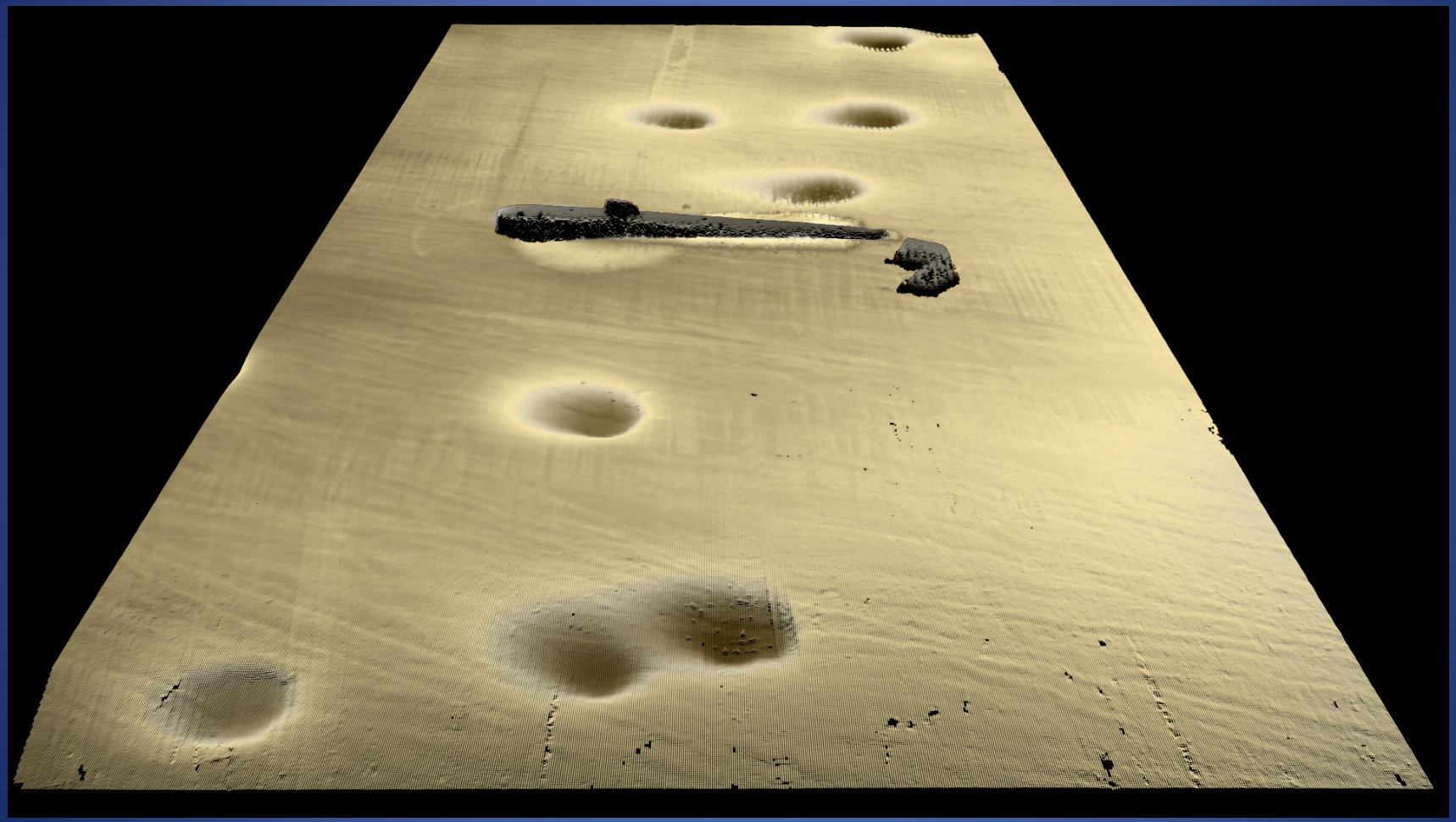
http://novdive.ru/arh1.htm

3-D – изображение затопленного судна по данным мультибима **RESON 7125**



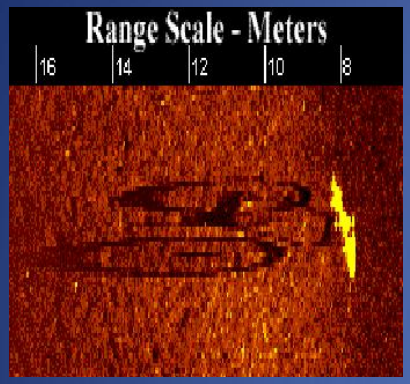
www.wrecksight.com

3-D – изображение АПЛ К159 по данным мультибима RESON 7125

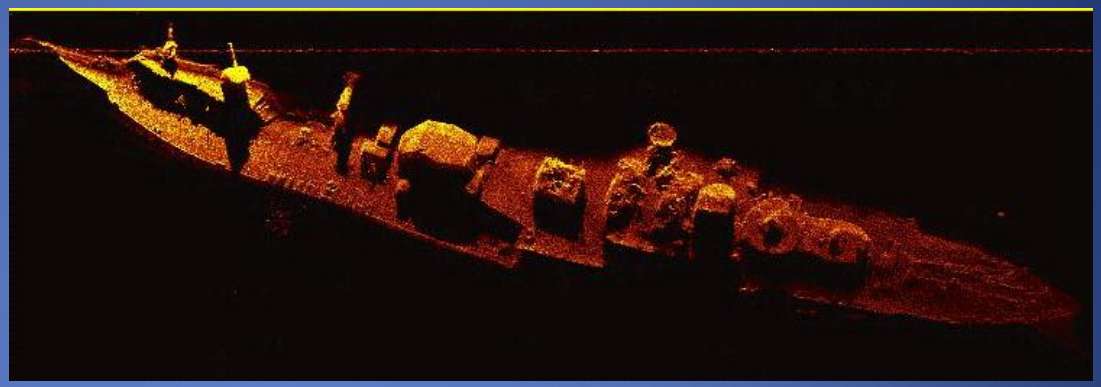


www.wrecksight.com

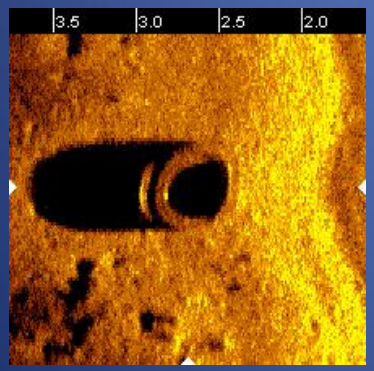
Примеры 2-D акустических изображений различных ППОО, полученные ВЧ ГБО



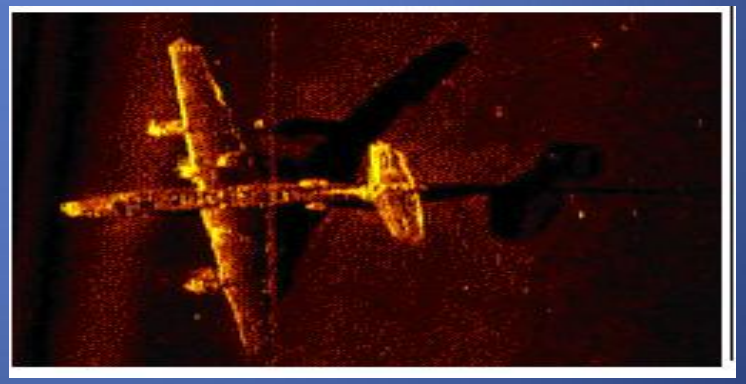
Велосипед



Крейсер



Шина



Самолет

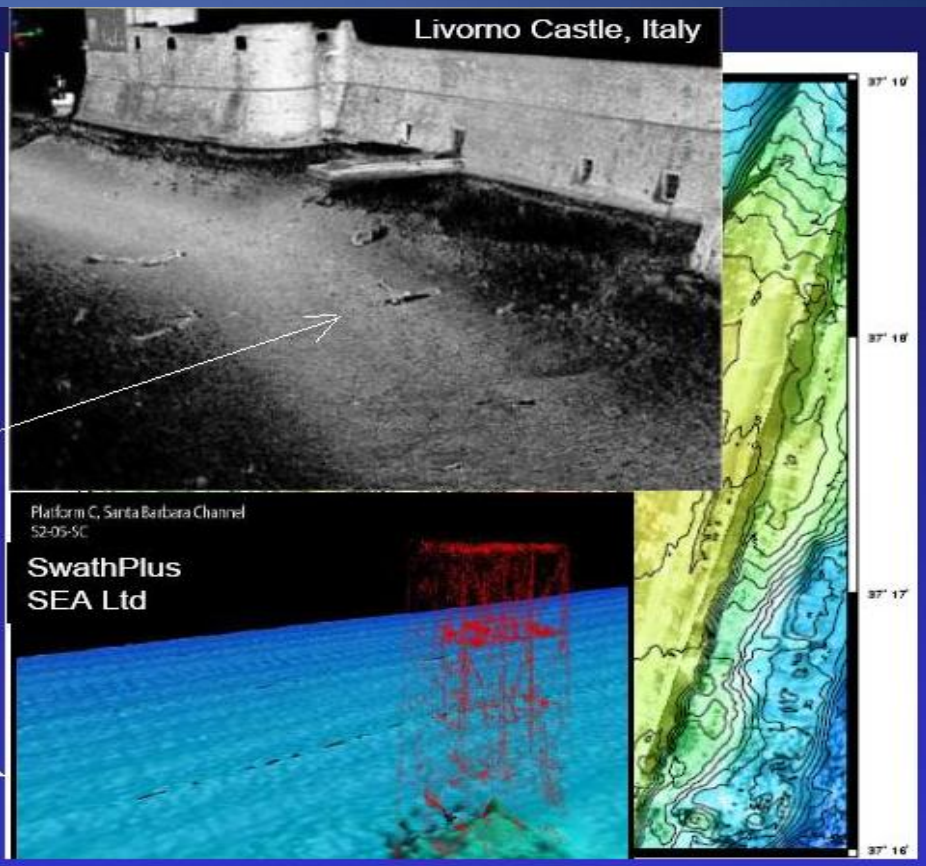
ФАЗОВЫЕ И ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКИЕ ГБО

Особенности:

- наличие 2-х совместимых каналов данных (батиметрического и сонарного)
- адекватная калибровка и обработка данных обеспечивает получение уникальных результаттов

Совмещение батиметрических и наземных данных

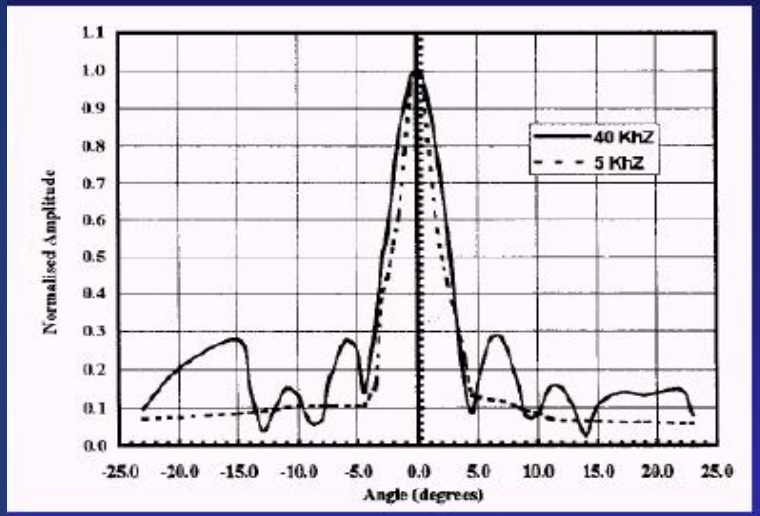
Буровая платформа



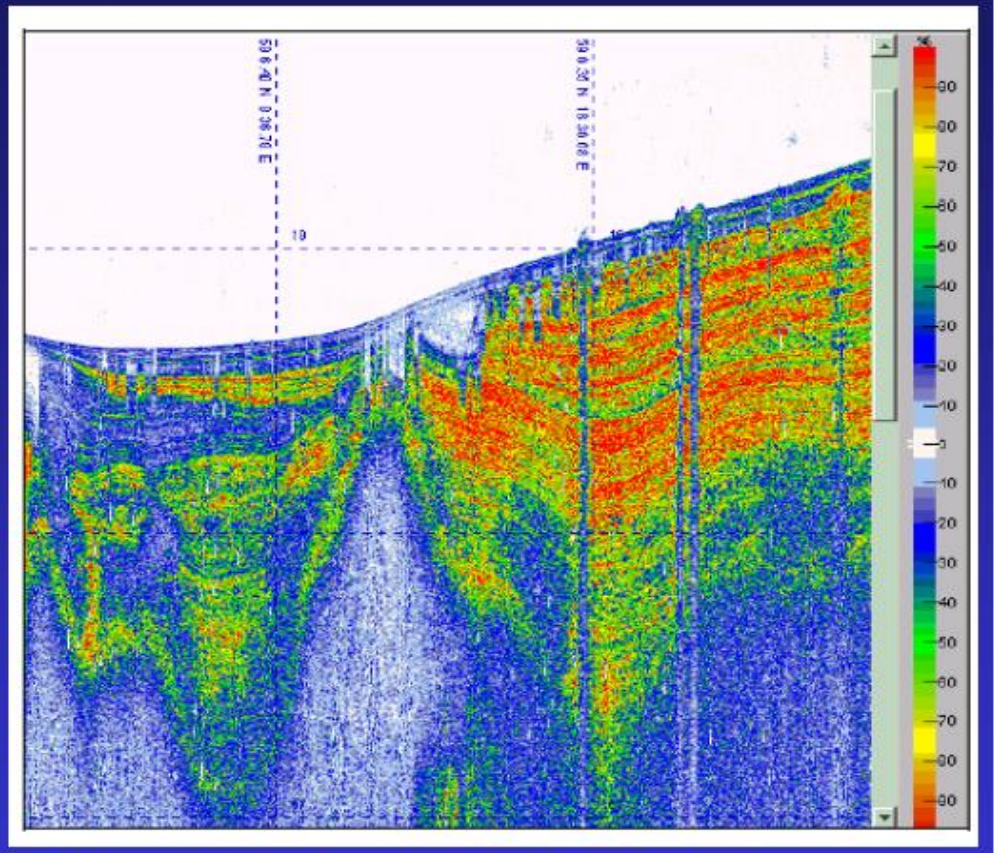
- 3-D изображения: -прибрежной части (изображение поверхности суши получено лазерным сканером, поверхности дна – фазовым ГБО SEASwath) (справа, вверху)
-и буровой платформы справа, внизу)

http://www.sea.co.uk/

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ АКУСТИЧЕСКИЕ ПРОФИЛОГРАФЫ



Параметрические сонары обеспечивают высокую направленность на разностной частоте

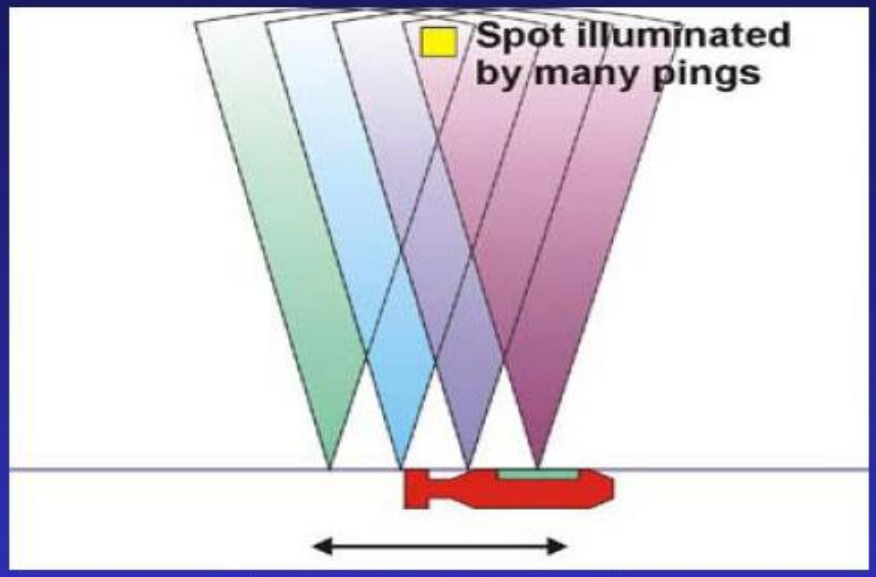


Проникновение в грунт до 50 м и более

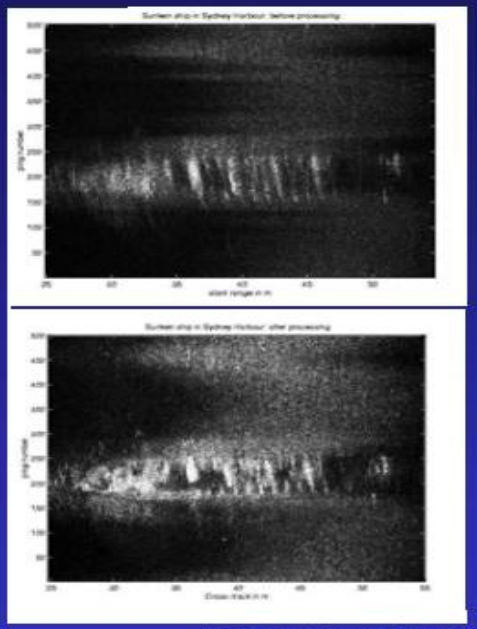
-Пример: параметрический профилограф SES-600
-Используется для ПОИМа малоразмерных поддонных объектов

http://www.innomar.com/

ГБО С СИНТЕЗИРОВАННЫМ АНТЕННЫМ РАСКРЫВОМ



Синтезированная апертура



Без синтеза

С синтезом

© U. Canterbury, N.Z. (2005)

Особенности:

- высокое разрешение, не зависящее от дальности
- сложность реализации
- перспективно создание ГБО с САР и параметрическими антеннами

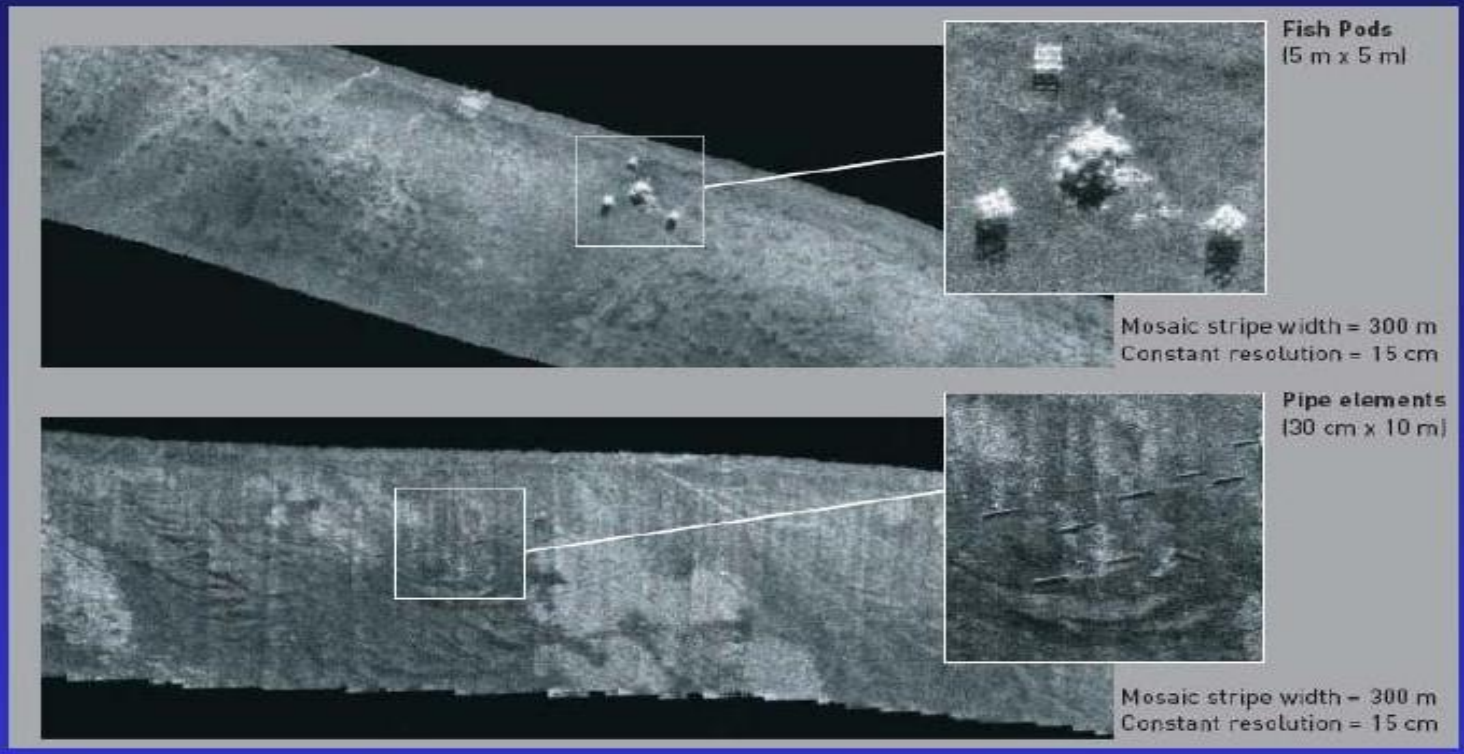
- **Пример: ГБО «SHADOW» с синтезированным раскрывом фирмы «IXSEA Ltd.»**
- **Обеспечивает по сравнению с обычными ГБО лучшее разрешение и большую скорость обследования поверхности дна**

http://www.ixsea.com/

http://www.ncesubsea.no/publish_files/Acoustic_Techniques_for_Marine_Habitat_Mapping.pdf

ИЗОБРАЖЕНИЯ ДНА ГБО САР

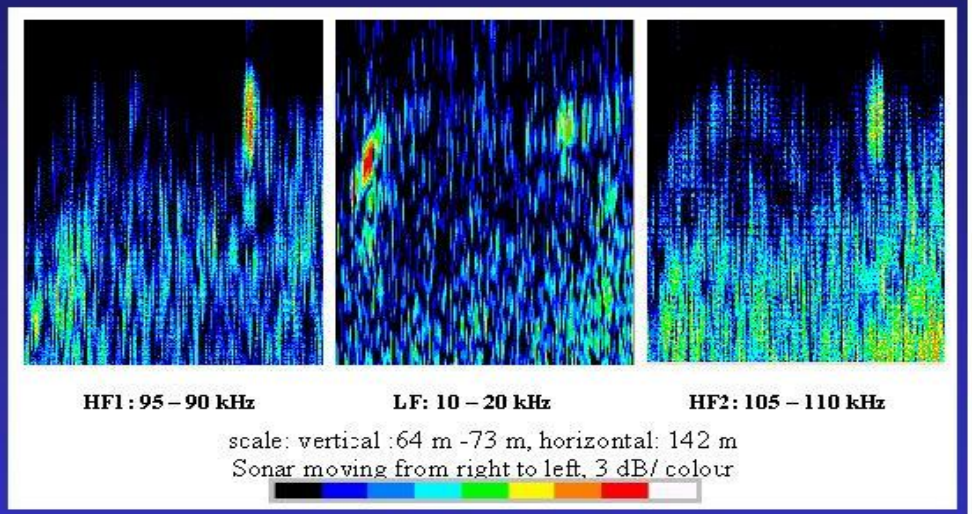
IxSea Shadows SAS (разрешение 15 см при дальности 300 м)



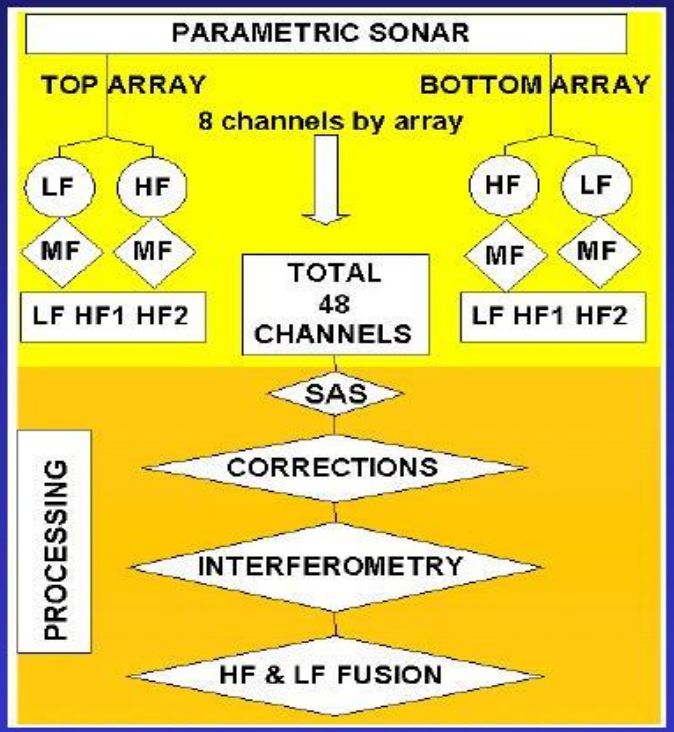
Kiwi-SAS (Gough et al.)
NURC system (Pinto, Coiras et al.)

http://www.ncesubsea.no/publish_files/Acoustic_Techniques_for_Marine

ГБО САР С ПАРАМЕТРИЧЕСКИМИ АНТЕННАМИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПОДДОННЫХ СТРУКТУР



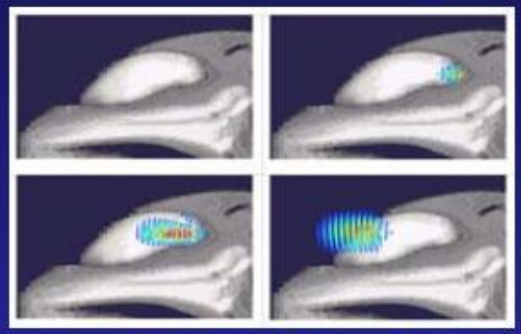
Zakharia and Dybedal, 2006

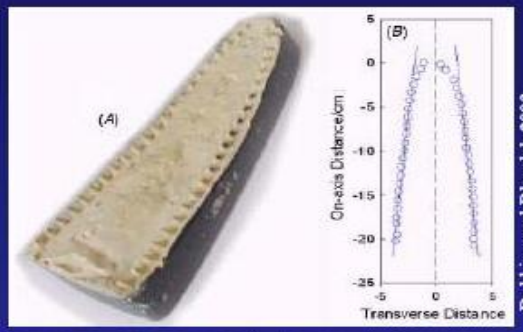


- **Экспериментальные работы по проекту «MUDSS»**
- **Обеспечивает по сравнению с известными ГБО с синтезированным раскрывом возможность ПОИМа поддонных объектов**

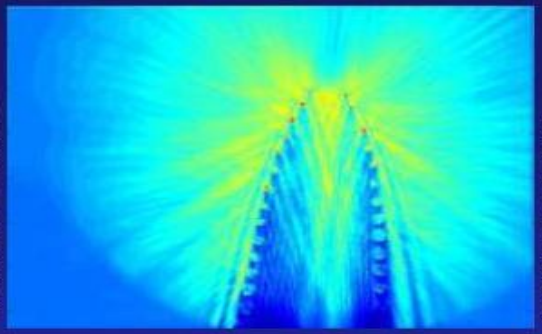
http://www.ncesubsea.no/publish_files/

АНАЛОГИ БИОЛОГИЧЕСКИХ СОНАРОВ



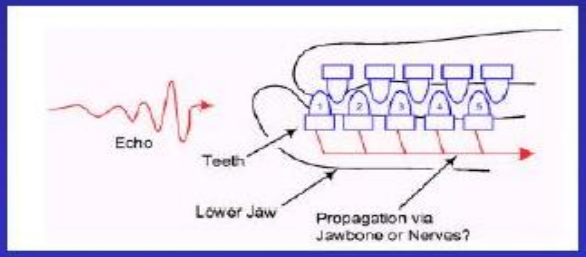


Dobbins and Blondel, 2003



Graf, Blondel et al., 2008

Сонар дельфина обладает удивительными возможностями.
Известно, как они излучают звук, но не ясно, как они принимают и обрабатывают эхосигналы



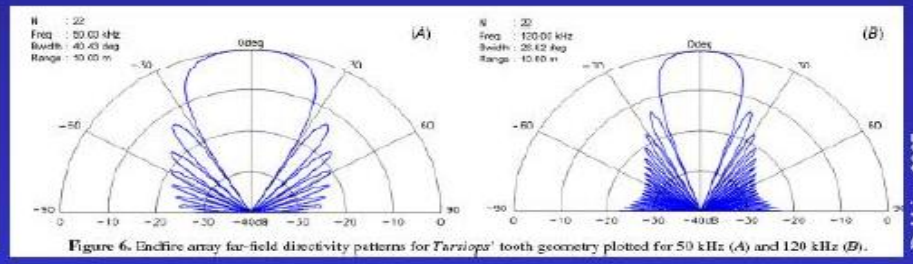


Figure 6. Endfire array far-field directivity patterns for *Tursiops'* tooth geometry plotted for 50 kHz (*A*) and 120 kHz (*B*).

Dobbins, 2007

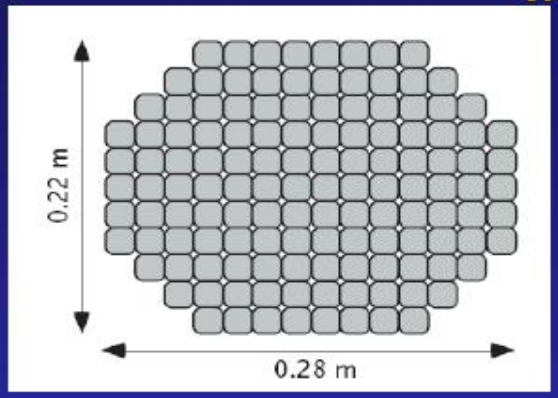
Известен аналог биосонара, работающий в воздухе.

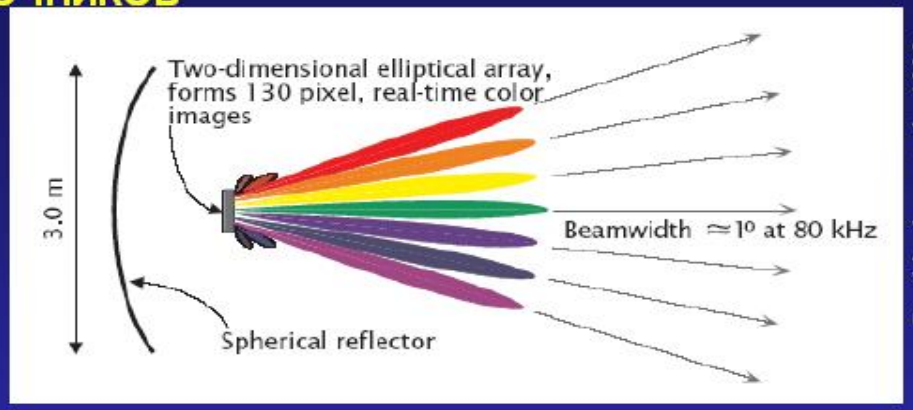
- **Экспериментальные работы**
- **Дельфины используют сверхширокополосные сигналы и сложную обработку сигналов**
- **Многообещающие возможности для ПОИМа как для поверхностных, так и для поддонных объектов**

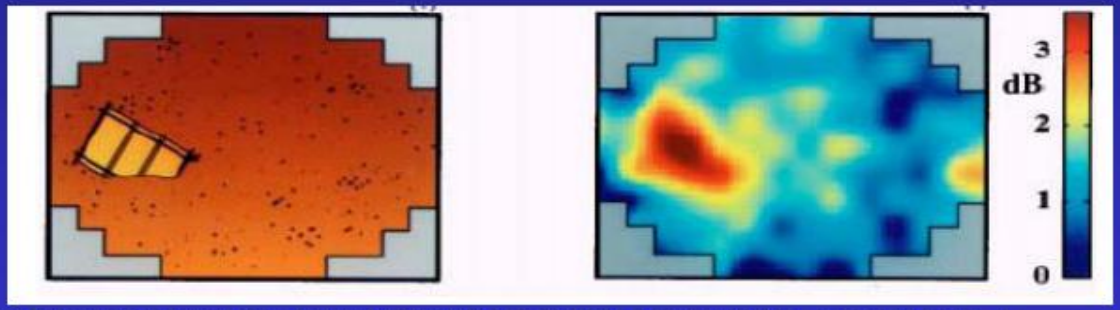
http://www.ncesubsea.no/publish_files/Acoustic_Techniques_for_Marine_Habitat_Mapping.pdf

ПАССИВНЫЕ СОНАРЫ

ПАССИВНЫЕ СОНАРЫ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ ФОНОВЫЙ ЗВУК ОТ ШИРОКОПОЛОСНЫХ ИСТОЧНИКОВ





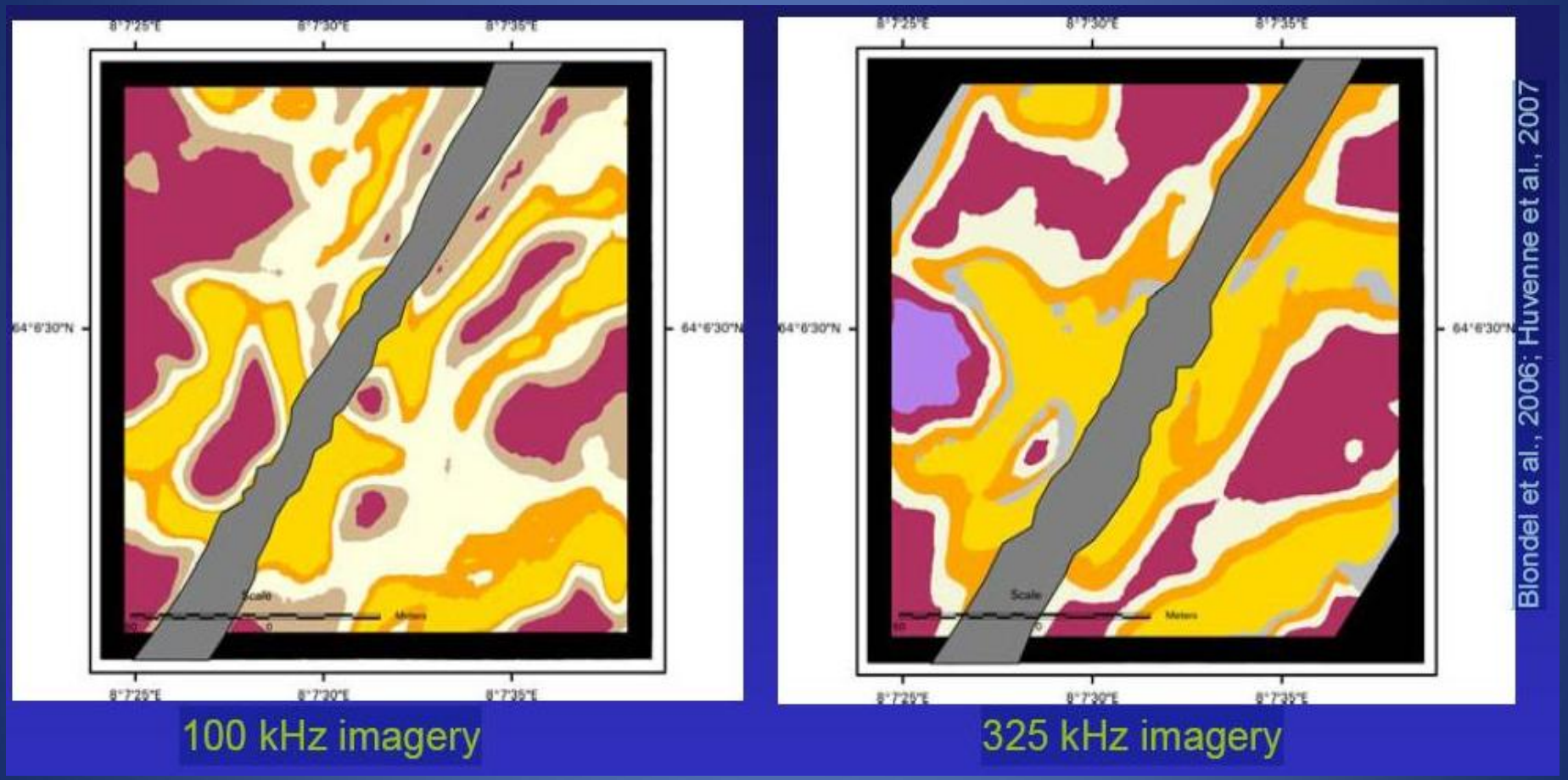


Возможные источники звука: судовые шумы, волны и т.п.

- **Экспериментальные работы**
- **Обеспечивают получение цветных изображений объектов при использовании широкополосных источников звука, включая фоновое звуковое излучение**
- **Кстати, вопрос: «Шумит ли работающий газопровод? А если шумит, то какой спектр шумов?»**

http://www.ncesubsea.no/publish_files/Acoustic_Techniques_for_Marine_Habitat_Mapping.pdf

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МОНИТОРИНГА НА ЧАСТОТАХ 100 КГЦ И 325 КГЦ (ГБО)



Заметны отличия изображений, полученных на частотах 100 кГц и 325 кГц

http://www.ncesubsea.no/publish_files/Acoustic_Techniques_for_Marine_Habitat_Mapping.pdf

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ВЫВОДЫ

- В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ НА РЫНКЕ ПРЕДСТАВЛЕН ШИРОКИЙ СПЕКТР, В ОСНОВНОМ ЗАРУБЕЖНЫХ, ГС, ПОЗВОЛЯЮЩИЙ РЕШАТЬ МНОГИЕ ЗАДАЧИ, СВЯЗАННЫЕ С ПАИ.
- «На подходе» ГС с уникальными возможностями для ПАИ
- СТОИМОСТЬ БОЛЬШИНСТВА ИЗ НИХ ЛЕЖИТ В ДИАПАЗОНЕ ОТ ДЕСЯТКОВ ДО СОТЕН ТЫСЯЧ (и более!) ДОЛЛАРОВ, ЧТО СДЕРЖИВАЕТ ИХ ШИРОКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ В ПАИ
- ВЫХОД ИЗ ДАННОЙ СИТУАЦИИ ЗАКЛЮЧАЕТСЯ:
- - В ПОДКЛЮЧЕНИИ ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ КОММЕРЧЕСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ И СПОНСОРОВ ДЛЯ АРЕНДЫ И ЛИЗИНГА ГС
- - В СОЗДАНИИ МОДИФИКАЦИЙ ГС, ОПТИМИЗИРОВАННЫХ ДЛЯ РЕШЕНИЯ КОНКРЕТНЫХ ЗАДАЧ, ОРИЕНТИРОВАННЫХ НА ПАИ
- ТАКИЕ РАБОТЫ МОГУТ ЭФФЕКТИВНО ВЫПОЛНЯТЬСЯ НА ОСНОВЕ КОНСОРЦИУМА, СОТОЯЩЕГО ИЗ ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Наши первые проекты

1. Подводные археологические экспедиции

2. Технические проекты

Экспедиция «Ока-2011»

Цели	Подводные археологические исследования в районе с. Деденево, Московская обл. (место постройки 1-го российского фрегата «Орел»)
Исполнители	- Конфедерация Подводной деятельности России - НПП «Форт XXI» -- ИЦ «Морские и подводные технологии»
Используемая Аппаратура (от НПП «Форт XXI»)	-ГБО «SportScan» - Эхолот HydroBox -- GPS Javad Triumph -- Плавсредства, ПО судовождения и навигации AquaScan

Вид из космоса

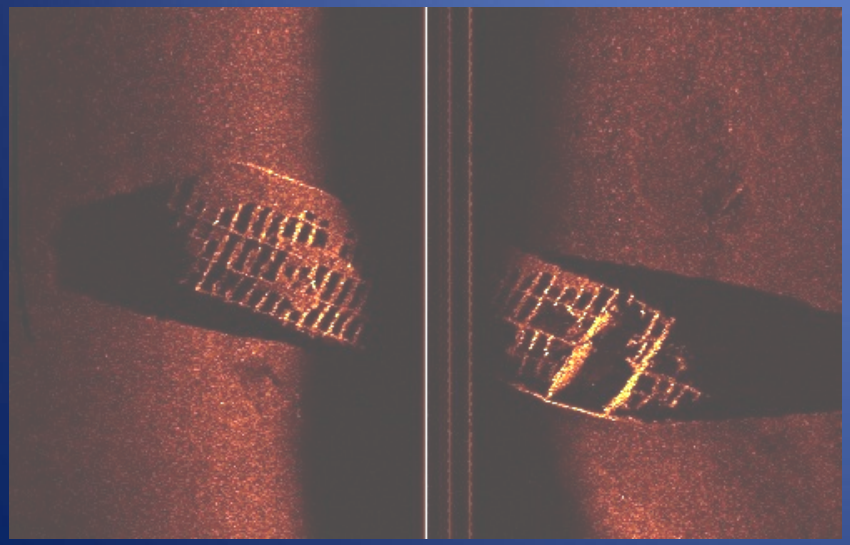
Рабочий момент

Экспедиция «Ока-2011»

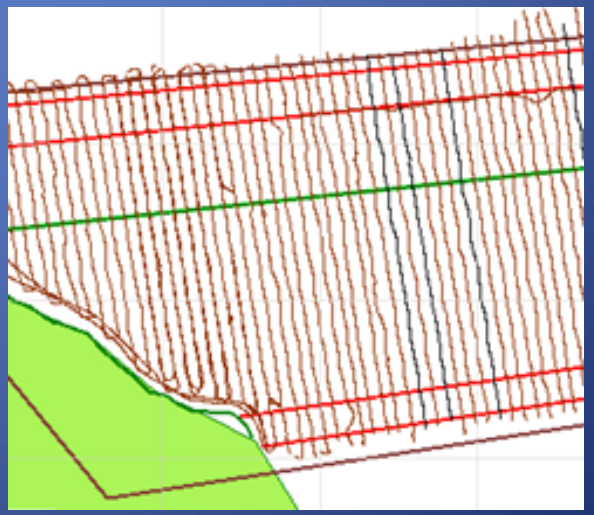
ГБО «SportScan» + эхолот

Остатки старого причала

Затопленная баржа

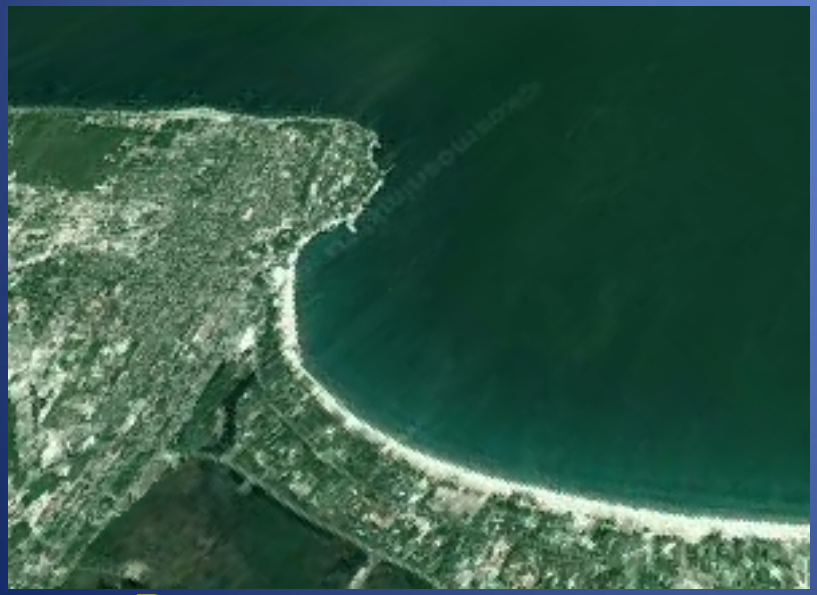


Промерные галсы

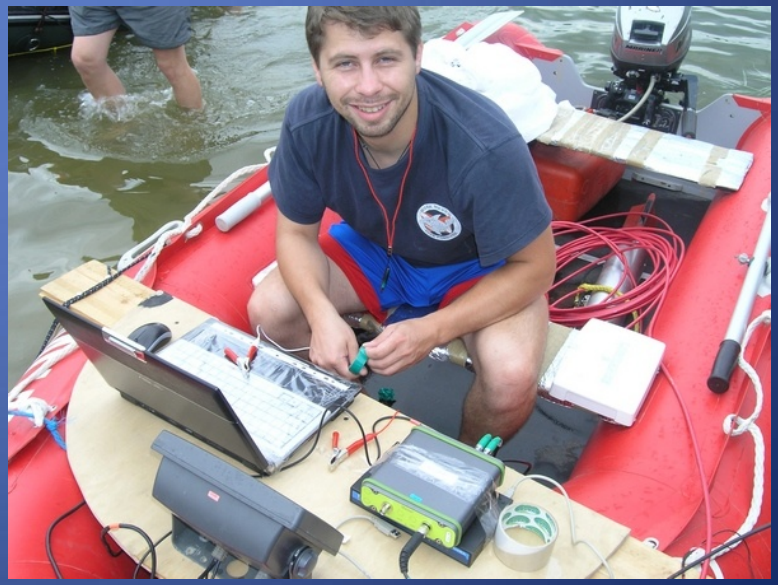


Экспедиция «Анапа-2011»

Цели	Подводные археологические исследования в районе Г.Анапа (место создания аквамузея?)
Исполнители	- Конфедерация Подводной деятельности России - НПП «Форт XXI» -- ИЦ «Морские и подводные технологии»
Используемая Аппаратура (от НПП «Форт XXI»)	-ГБО «SportScan» - Эхолот HydroBox -- GPS Javad Triumph -- Плавсредства, ПО судовождения и навигации AquaScan

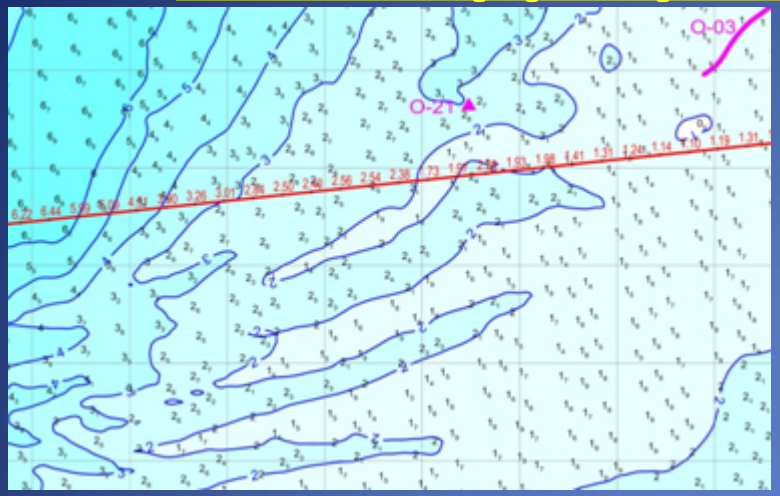


Вид из космоса



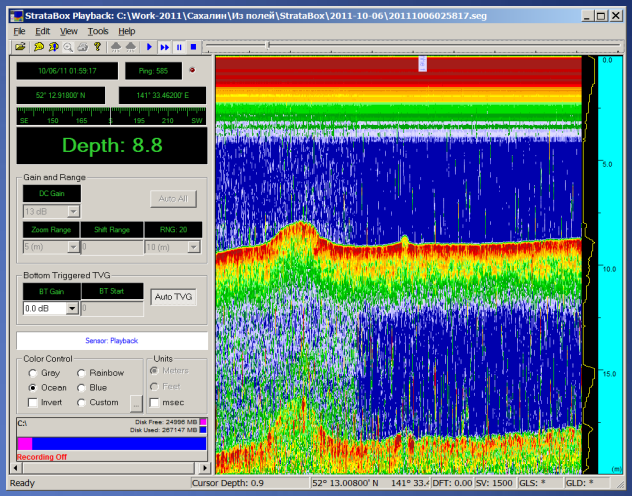
Рабочий момент

Экспедиция «Анапа-2011»



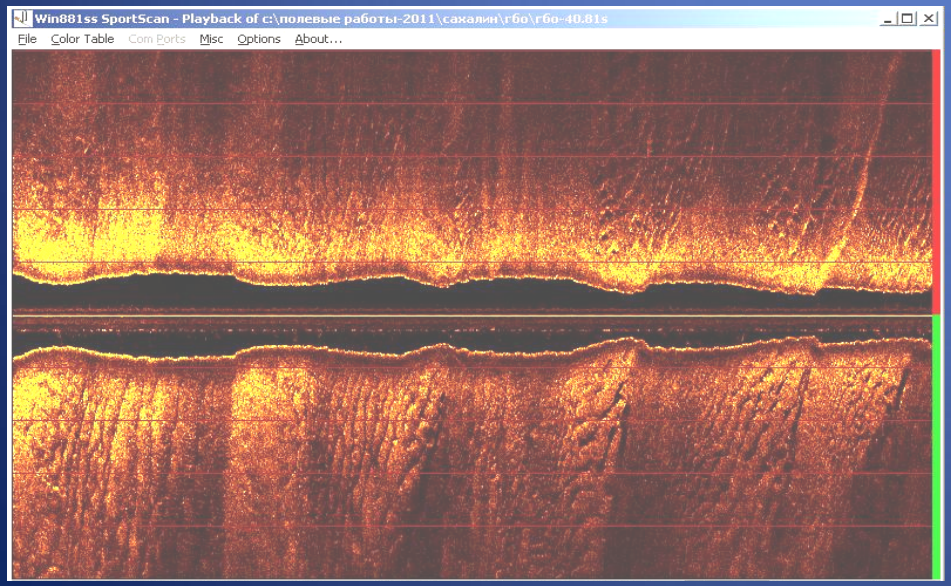
Батиметрическая карта с объектами

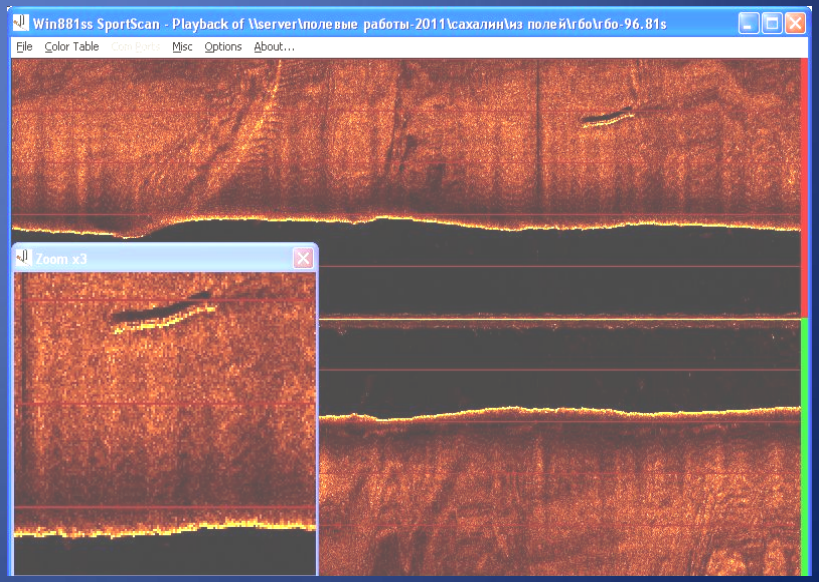
Песчаные гряды



Фрагмент записи эхолота

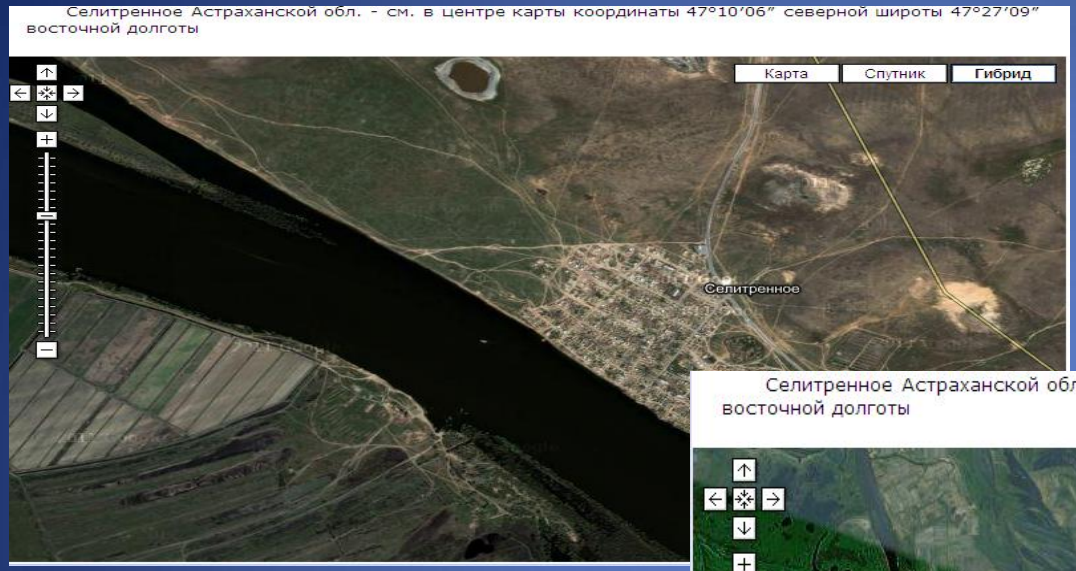
Техногенный объект

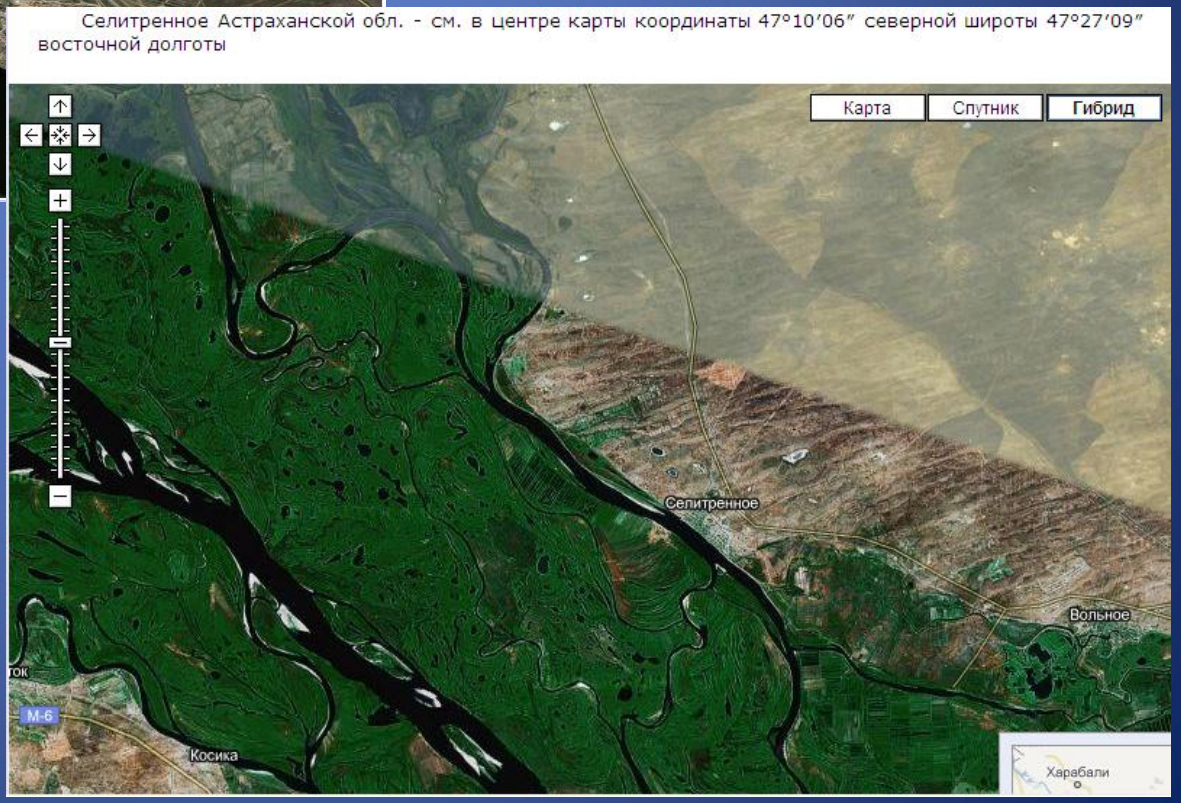




Экспедиции, планируемые на 2012 г

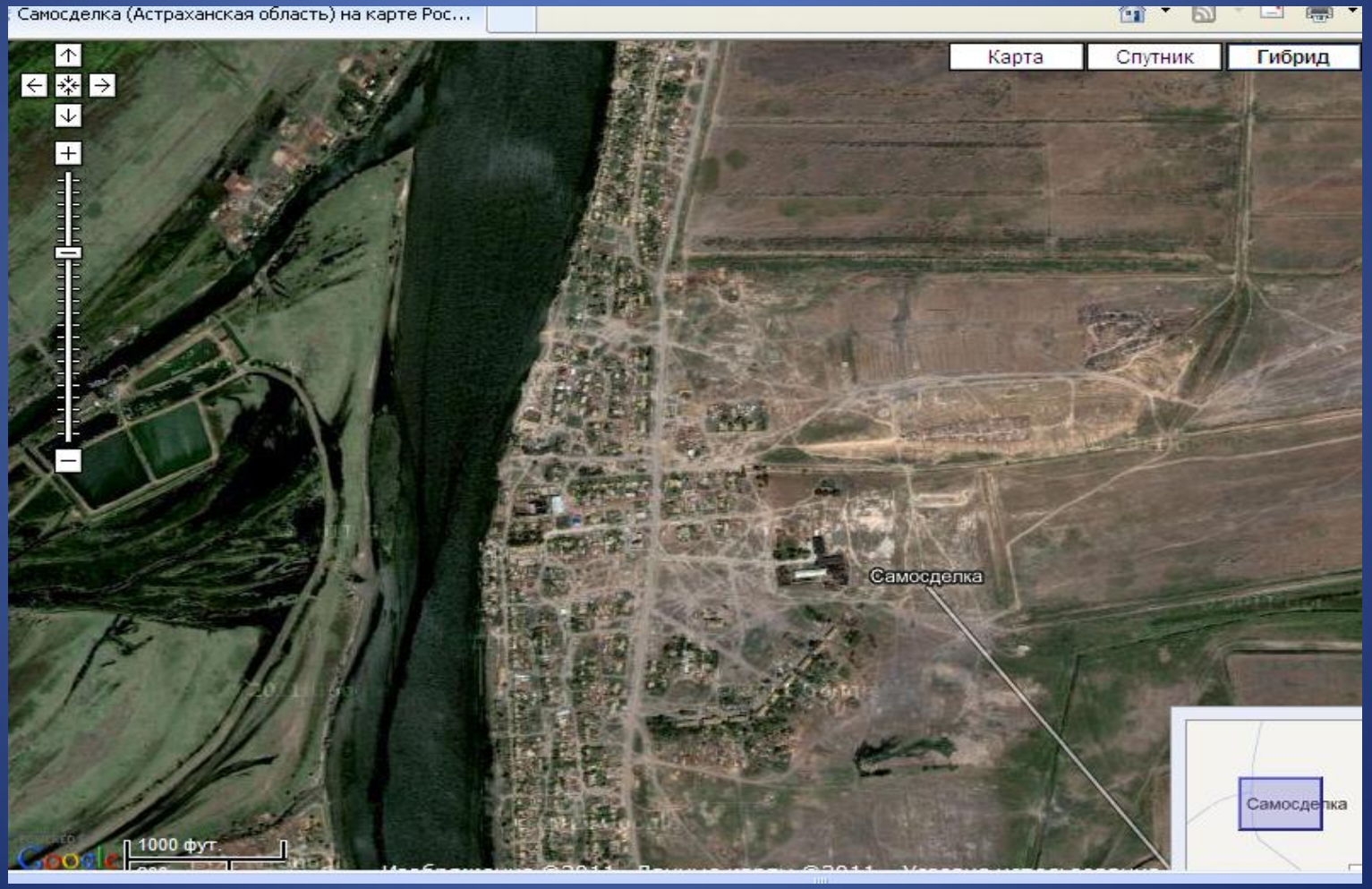
Район городища Сарай-Бату (столицы Золотой Орды)





Вид из космоса

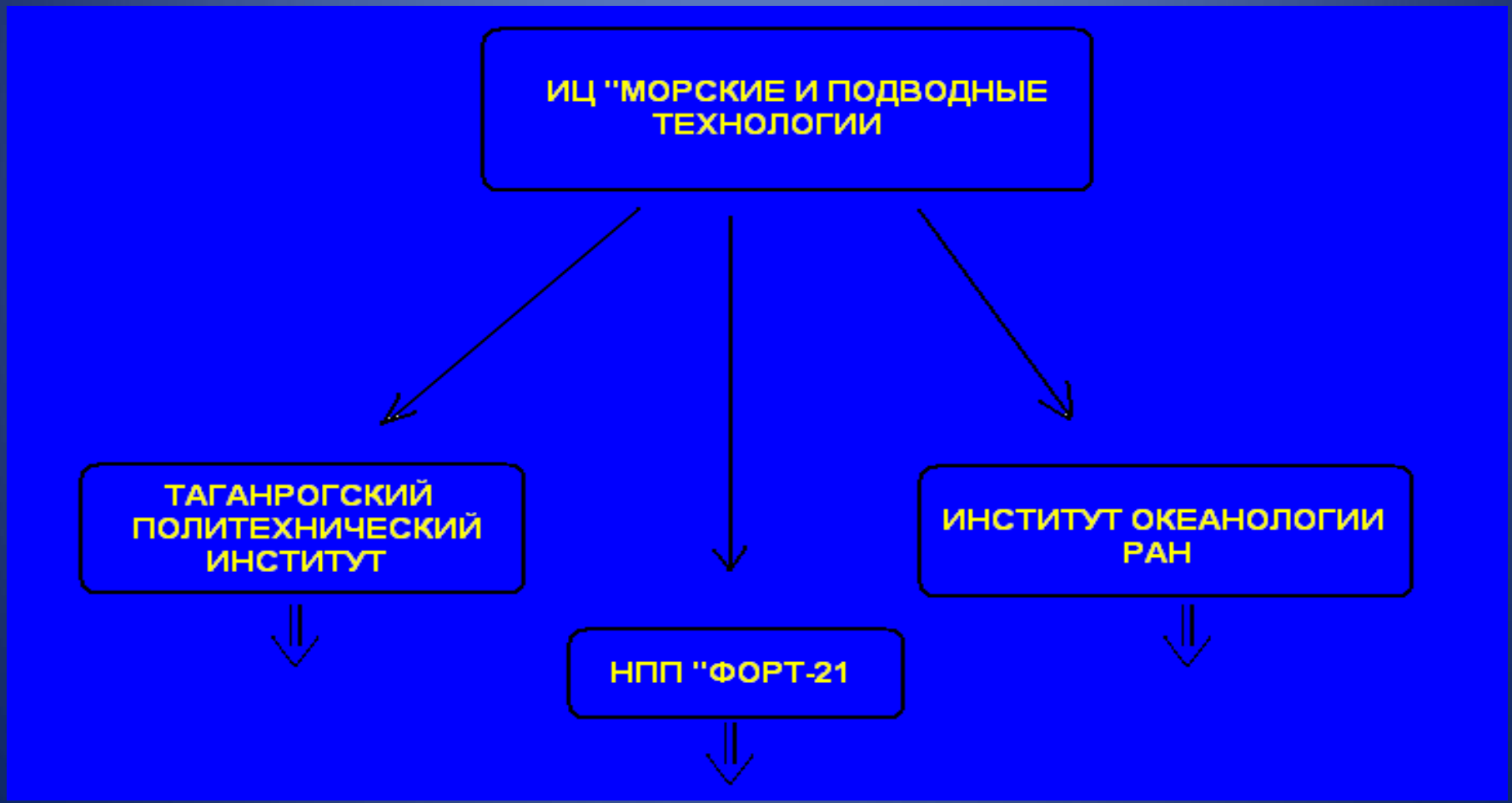
Район предполагаемого городища Итиль (столицы Хазарского Каганата)



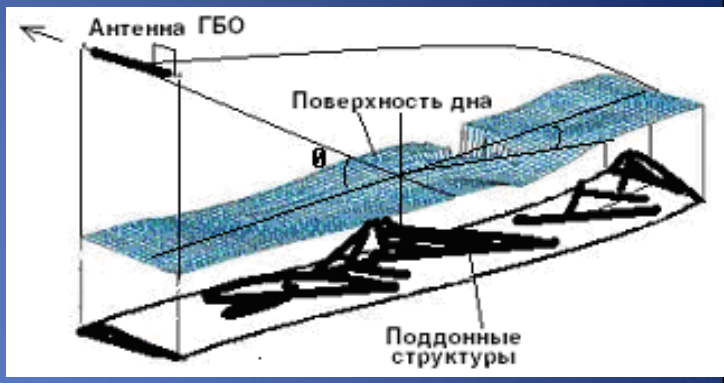
Вид из космоса

Механизм реализации технических проектов по схеме консорциума на примере:

«ГИДРОЛОКАТОРА ДЛЯ ПОДВОДНЫХ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

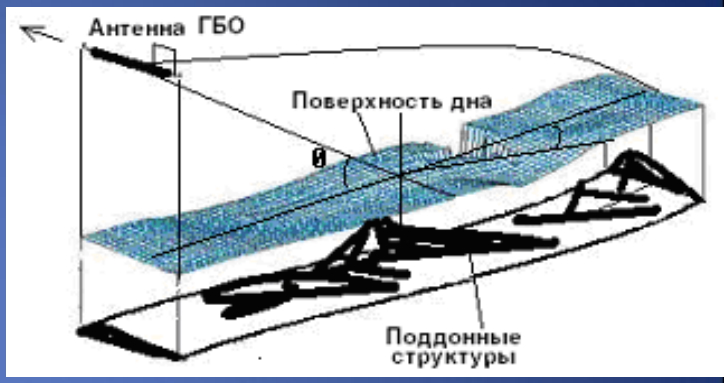


ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ГИДРОЛОКАТОР ДЛЯ АРХЕЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ (Вариант 1)



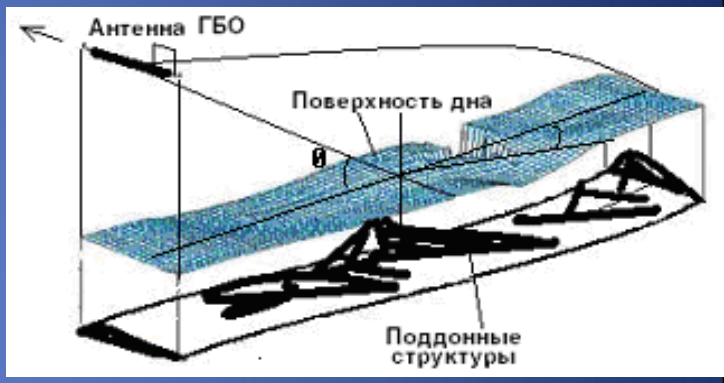
Назначение	Гидролокационная съемка дна
Режимы работы	1. Профилирование неуплотненных донных осадков в режиме акустического профилографа на основной частоте 5 кГц (с антенной ГА-5)
	2. Профилирование неуплотненных донных осадков в режиме акустического профилографа на разностной частоте 5 кГц (с антенной ГА-100 или ГА-ГБО)
	3. Получение изображений дна на частотах 100 кГц и 5 кГц одновременно (в режиме параметрического ГБО)

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ГИДРОЛОКАТОР ДЛЯ АРХЕЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ (Вариант 1)



Назначение	Гидролокационная съемка дна
Режимы работы	1. Профилирование неуплотненных донных осадков в режиме акустического профилографа на основной частоте 5 кГц (с антенной ГА-5)
	2. Профилирование неуплотненных донных осадков в режиме акустического профилографа на разностной частоте 5 кГц (с антенной ГА-100 или ГА-ГБО)
	3. Получение изображений дна на частотах 100 кГц и 5 кГц одновременно (в режиме параметрического ГБО)

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ГИДРОЛОКАТОР ДЛЯ АРХЕЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ (Вариант 2)



Рабочие частоты :

- НЧ - канал («коса» без фокусировки) 5 кГц
- ВЧ – канал (аналог ГБО-240) 240 кГц

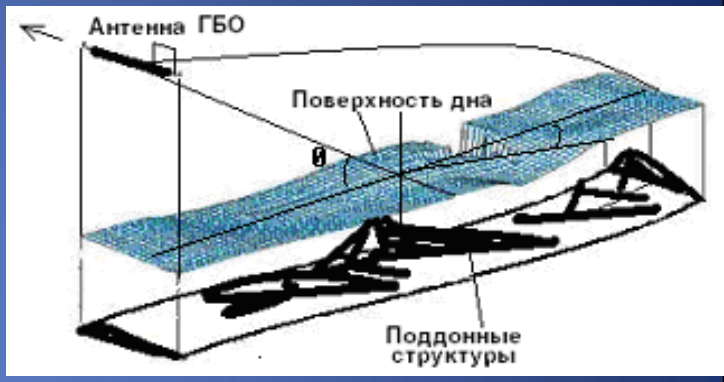
Разрешение по ВЧ и НЧ – каналам 1м

Дальность 50 м

Глубинность (неуплотненные осадки) 5 - 10 м

http://www.ocean.ru/

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ГИДРОЛОКАТОР ДЛЯ АРХЕЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ (Вариант 3)



Рабочие частоты :

- НЧ - канал («коса» с фокусировкой) 5 кГц
- ВЧ – канал (аналог ГБО-240) 240 кГц

Разрешение по ВЧ и НЧ – каналам 1м

Дальность 50 м

Глубинность (неуплотненные осадки) 5 - 10 м

http://www.ocean.ru/

Выводы

1. Проведенный анализ показал актуальность вопроса об использовании ряда известных ГС для ПАИ

2. Более широкое использование ГС в ПАИ сдерживается их высокой стоимостью и необходимостью привлечения высококвалифицированных специалистов.

3. Перспективным представляется создание ГС, приспособленных для решения специфических задач, связанных с ПАИ, и проведение экспедиций по схеме консорциума из заинтересованных организаций .

Институт океанологии им.П.П.Ширшова РАН

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !