

РАЗРАБОТКА ОСНОВ ТЕХНОЛОГИИ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ, ПОГРЕБЕННЫХ В ДОННЫХ НЕУПЛОТНЕННЫХ ОСАДКАХ, МЕТОДОМ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ПРОФИЛОГРАФА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ

А.Л. Бреховских¹, О.В. Гринберг¹, Е.И. Евсенко¹, М.С. Ключев¹,
С.В. Ольховский², И.Я. Ракитин¹, А.Э. Сажнева¹, А.А. Шрейдер¹,
Ал.А. Шрейдер¹

¹Институт океанологии им. П.П. Ширинова РАН, Москва, 117997, e-mail: mklyuev@mail.ru

²Институт археологии РАН, Москва, 117036, e-mail: ptakkon@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 14.02.2018, одобрена к печати 18.06.2018

Рассматриваются основы технологии изучения объектов культурного наследия (ОКН), погребенных в донных неуплотненных осадках, с помощью параметрического профилографа с использованием данных спутниковой навигации. Рассмотрены четыре основных компонента технологии, а именно: гидроакустическое профилографирование, спутниковая навигация, методики натурных исследований и алгоритмы обработки данных. Описан Комплекс гидроакустического параметрического профилографирования и GPS позиционирования, предназначенный для исследования ОКН в донных антропоценовых осадках с маломерных судов. Представлены результаты применения Комплекса для изучения ОКН в подводной части древней Фанагории и древнего Патрея. Приведены результаты применения Комплекса на затопленном линкоре «Екатерина Великая». По результатам натурных исследований делается вывод об адекватности и эффективности разрабатываемой технологии.

Ключевые слова: объекты культурного наследия, параметрический профилограф, спутниковая навигационная система, неуплотненные морские осадки, технология изучения донных объектов

Введение

Выявление и изучение объектов культурного наследия (ОКН) в подводной среде является одной из актуальных задач современных океанологических исследований. К таким объектам относятся затопленные поселения, портовые сооружения, здания, суда, вооружение, механические и бытовые предметы и т.п. Они могут находиться на морском дне или в слое донных осадков, а их размеры варьируются от десятых долей метра до тысяч метров.

Исследования подводных ОКН подразумевают выполнение ряда специфических задач: выявление объектов под водорослями, под слоем ила и в толще дна, точную привязку к географическим координатам, дистанционную идентификацию возможного типа объекта и т.п. Это влечет использование комплексного подхода, базирующегося на совокупности методик, которые создают основу технологии исследования ОКН.

А.Л. Бреховских, О.В. Гринберг, Е.И. Евсенко, М.С. Ключев, С.В. Ольховский, И.Я. Ракин, А.Э. Сажнева, А.А. Шрейдер, Ал.А. Шрейдер

Как показали многочисленные натурные исследования (Ключев и др., 2015; Шрейдер и др., 2016; Шрейдер и др., 2017), технология изучения подводных ОКН должна включать следующие составляющие: гидроакустические (и иные) средства зондирования поверхности и толщи дна, спутниковые морские навигационные системы, специализированные методики натурных исследований, алгоритмы и методики распознавания ОКН, а также возможные априорные сведения об ОКН.

Основы технологии

Наиболее подходящими гидроакустическими средствами для исследования ОКН зарекомендовали себя узколучевые эхолоты и узколучевые параметрические профилографы. Эти приборы используют вертикальное зондирование, что исключает эффект искривления звуковых лучей (рефракцию), вследствие вертикальной изменчивости профиля скорости звука, а также обладают узкой (единицы градусов) диаграммой направленности. Рабочие частоты этих приборов позволяют различать объекты с размерами до единиц сантиметров (эхолоты) и десятка сантиметров (профилографы) и проводить исследования на нескольких частотах одновременно. Кроме того, параметрические профилографы позволяют визуализировать внутреннюю структуру морского дна и расположенные в нем объекты. Аппараты, работающие в группе, могут обеспечивать повышенную площадную производительность (Бреховских и др., 2017).

При площадных поисках ОКН могут оказаться полезными гидролокаторы бокового обзора и многолучевые эхолоты, которые, однако, обладают рядом недостатков – рефракцией, невозможностью изучения структуры осадочной толщи и т.п. Кроме того, перспективными приборами при поисках ОКН являются магнитометры, которые реагируют лишь на металлические предметы.

Применение спутниковых морских навигационных систем является важной компонентой технологии исследования подводных ОКН. Эти системы способны обеспечивать навигационную привязку гидроакустических (и иных) приборов с точностью до долей дециметра в морских условиях. Это позволяет обобщать результаты исследований ОКН, выполненных на разных галсах и маневрах судна-носителя в различное время.

Еще одной компонентой рассматриваемой технологии являются специализированные методики натурных исследований, в том числе галсовые маневры судна-носителя, галсовые маневры под углом к первоначальным, маневры типа «розочка» (заходы на объект с разных сторон света), повторные маневры и т.п.

На завершающем этапе применяются алгоритмы и методики обнаружения и распознавания ОКН. Эти методики основаны на использовании целого ряда критериев наличия гидроакустических аномалий (по данным первого и кратного отражений); совместном анализе информации эхолота, профилографа, магнитометра. Учитываются различные значения порогов сигнала, используются псевдоцвета при обработке изображений, группируются выявленные аномалии в линии, цепочки и области и т.п.

Априорная информация об ОКН также является важной компонентой рассматриваемой технологии. Это предполагает использование особенности внутренней пространственной упорядоченности ОКН, в зависимости от типа объекта (таблица 1) и исторического фона их происхождения. Вследствие чего, для распознавания ОКН также используются «ассоциированные» («ориентированные») алгоритмы, априорно предполагающие наличие соответствующего вида упорядоченности у исследуемого объекта на основе его предварительного изучения.

Таблица 1.

Тип объекта	Вид упорядоченности
поселение	улицы, площади, рвы, дороги
портовые сооружения	молы, защиты акваторий
здания	фундаменты, стены, башни
суда	борта, надстройки, палубы, мачты
вооружения, механизмы, предметы	внутреннее устройство

Таким образом предлагаемая технология изучения ОКН включает следующие компоненты:

1. Использование узколучевого многочастотного параметрического профилографа в качестве основного оборудования.
2. Использование эхолота, гидролокатора бокового обзора, многолучевого эхолота, магнитометра, георадара и иных устройств в качестве вспомогательного оборудования.
3. Использование систем спутниковой морской навигации.
4. Использование специализированных методик морских натуральных исследований.
5. Использование априорной информации об ОКН, в том числе о видах пространственной упорядоченности ОКН.

Аппаратура и методики

На основе этих принципов в ИО РАН в 2014–2017 гг был разработан Комплекс гидроакустического параметрического профилографирования и GPS позиционирования антропоценовых донных осадков с маломерных судов. Комплекс включает: низкочастотный параметрический донный профилограф и высокочастотный эхолот (на базе прибора SeaKing DST и программного обеспечения SeaNet), приемник спутниковой навигации GPS/ГЛОНАС (на базе прибора Trimble BX982), комплекс судовождения (на основе программного обеспечения AquaScan), управляющий компьютер (ноутбук Panasonic CF-31), устройство автономного питания и средства крепления элементов системы на маломерных судах (Клюев и др., 2015).

Этот комплекс позволяет производить площадные галсовые съемки полигонов с маломерных судов и анализировать информацию об осадках, одновременно

А.Л. Бреховских, О.В. Гринберг, Е.И. Евсенко, М.С. Ключев, С.В. Ольховский, И.Я. Ракин, А.Э. Сажнева, А.А. Шрейдер, Ал.А. Шрейдер

полученную с различных приборов, а также делать заключения об их свойствах, структуре и включениях. Он позволяет получать, отображать в псевдоцвете и записывать информацию о профиле дна и объектах водной толщи на высокой частоте и структуре объектов на дне и в водной толще на низкой частоте с привязкой к данным спутниковой навигации GPS/ГЛОНАСС в реальном режиме времени при движении маломерного судна по заданной траектории.

Одновременно были разработаны методики и алгоритмы обнаружения и определения ОКН, их структуры в соответствии со специальными критериями с использованием штатного программного обеспечения и оригинальных подходов (Ключев М.С. и др., 2016).

При идентификации и распознавании донных структур и объектов учитывалось:

- наличие возвышений, понижений и водорослей на дне;
- наличие в толще дна или на его поверхности областей с повышенным (пониженным) обратным откликом гидроакустического сигнала относительно прилегающих областей;
- нарушение однородности донных слоев, границ слоев, рельефа дна или водорослей;
- совместимость информации эхолота и профилографа;
- особенности записей сигнала при различных значениях порогов и в разных псевдоцветах;
- наличие подобных особенностей на первом кратном отражении;
- наличие подобных особенностей на соседних галсах и объединение особенностей в цепочки.

Результаты

С помощью комплекса было проведено гидроакустическое профилирование полигона в морской части Государственного историко-археологического музея-заповедника (ГИАМЗ) «Фанагория» на берегу Таманского залива Краснодарского края вблизи п. Сенной. Целью исследований было изучение возможностей комплекса по выявлению структур и объектов культурного наследия, погребенных в донных антропоценовых осадках морской части ГИАМЗ «Фанагория» (около 2500 лет назад), а также апробация алгоритмов их обнаружения, распознавания и картографирования.

Полигон имел вид прямоугольника, вытянутого в направлении примерно запад–восток (азимут около 80°) с размерами около 1400×300 метров. Точки углов полигона имели координаты: 36° 56.940′ в.д. 45° 16.600′ с.ш. (юго-западный), 36° 56.940′ в.д. 45° 16.840′ с.ш. (северо-западный), 36° 57.980′ в.д. 45° 16.760′ с.ш. (юго-восточный), 36° 57.980′ в.д. 45° 16.940′ с.ш. (северо-восточный). При проведении исследований было выполнено 52 продольных галсов с шагом 5 м и 8 поперечных галсов.

Глубины в месте проведения исследований составляли от 0.5 до 3.5 м. Дно складывается осадочными илами и песком с включением ракушек, местами образующими ракушечные слои. Оно было частично покрыто водорослями различной густоты высотой до метра. Аппаратура позволяла визуализировать структуру дна примерно на 2 м в его толщу при отсутствии водорослей и примерно на 1 м при их наличии.

При обследовании полигона маломерное судно с системой двигалось по сетке галсов, охватывающей полигон, со скоростью около 2 узлов. В результате были получены гидроакустические разрезы формы дна и его внутренней структуры с привязкой к географическим координатам.

В результате обработки был выявлен целый ряд донных структур и объектов, положения которых были нанесены на план полигона (рис. 1), построенный с помощью компьютерной программы Global Mapper в универсальной поперечной проекции Меркатора UTM зона 37 (36°E–42°E северной геосферы, метры север/юг – метры запад/восток) в системе координат WGS84.

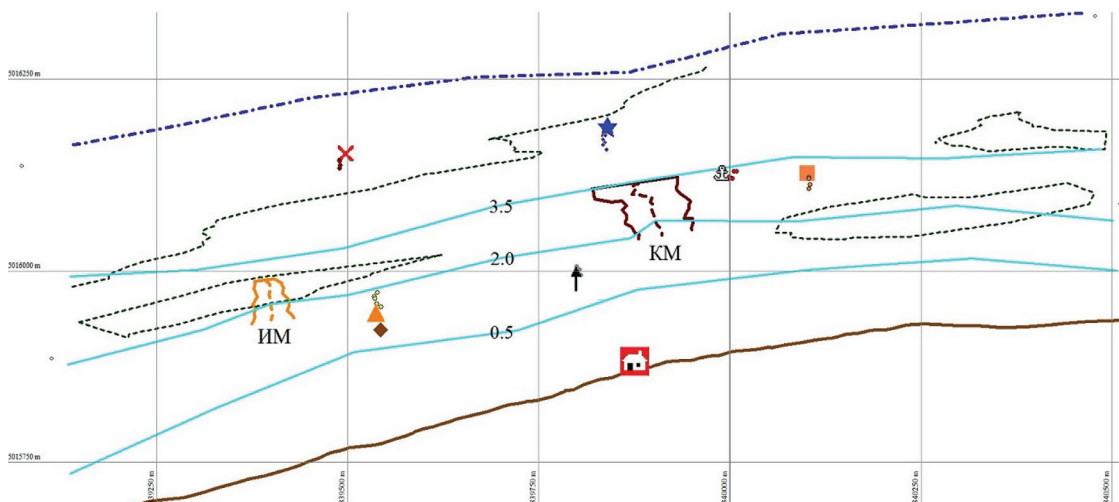


Рис.1. План подводной части ГИАМЗ «Фанагория»

Обозначения: нижняя коричневая сплошная линия – южная береговая линия; синяя верхняя пунктирная линия – северная морская граница полигона; дом – причал, лагерь; красный крест – затопленный подъемный кран; оранжевый квадрат – затопленный перевернутый баркас; синяя звезда – затопленный пароход; черная стрелка – затопленная галера; якорь – затопленные турецкие якоря; желтый треугольник – древний ряз (пристань); коричневый ромб – насыпной островок; КМ (бордовая линия) – границы каменного мола (пунктир – его вершина); ИМ (песочная линия) – граница известнякового мола (пунктир – его вершина); зеленая пунктирная линия в левом верхнем углу – граница водорослей (слева – нет, справа – есть); зеленые пунктирные линии – участки без водорослей; голубые сплошные линии – батиметрия 0.5, 2 и 3.5 м, считая от берега.

Отметим, что перечисленные объекты были независимо выявлены в результате исследований Института археологии РАН и ГИАМЗ «Фанагория» в ходе водолазных работ, что подтверждает эффективность комплекса и методик обработки данных по выявлению ОКН, погребенных в донных морских антропоценовых осадках.

А.Л. Бреховских, О.В. Гринберг, Е.И. Евсенко, М.С. Ключев, С.В. Ольховский, И.Я. Ракидин, А.Э. Сажнева, А.А. Шрейдер, Ал.А. Шрейдер

Еще одним интересным объектом, расположенным вблизи Фанагории, в затопленной части античного поселения Патрей, является так называемый «Развал камней» («Развал») с координатами $36^{\circ} 50.311'$ в.д. и $45^{\circ} 18.738'$ с.ш. Он находится на расстоянии около 250 м южнее береговой линии на глубине от 2 до 3 м. Дно в районе «Развала» слагается песчаными илами с включением ракушек, образующими ракушечные внутридонные слои, и частично покрыто водорослями высотой до 1 м. Сам «Развал» состоит из камней различной величины, которые образуют скопление размером около 100×100 м. В пределах этого скопления были зафиксированы участки сохранившегося культурного слоя, фрагменты керамических сосудов VI–V вв. до н.э.

Изучение «Развала» производилось методом получения его профилографических разрезов при движении системы под различными азимутами (метод сечения азимутальными галсами) с привязкой к географическим координатам. Обработка данных проводилась согласно разработанным методикам и алгоритмам (Шрейдер и др., 2017).

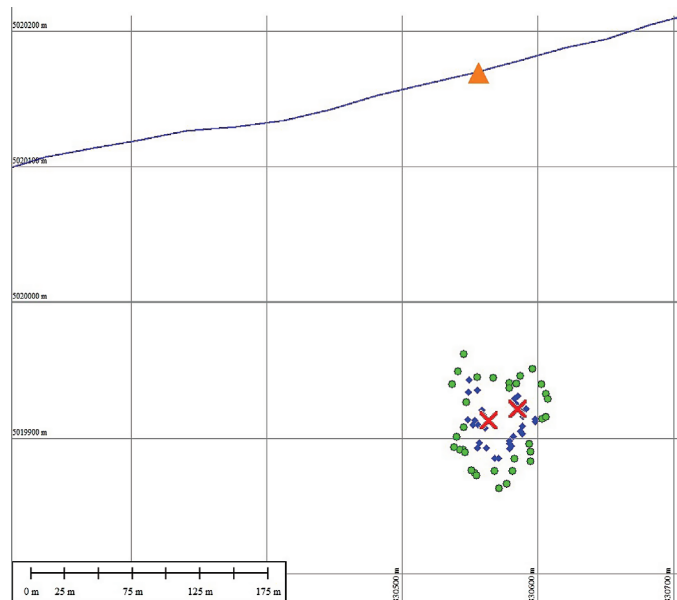


Рис.2. План подводного «Развала камней» у поселения Патрей. Обозначения: зеленые кружки – положение внешней границы «фундамента» «Развала», синие ромбы – положение «стен», красные кресты – положение «вершин», синяя линия – береговая линия городища, оранжевые треугольники – положение поселения Патрей на урезе воды

Для обозначения структур «Развала» использовались условные понятия положения «фундамента», «стен» и «вершин», которые определялись следующим образом:

- положение «фундамента» «Развала» определялось как излом линии дна (нарушение структуры дна) на границе объекта;
- положение «стен» «Развала» определялось как положение локальных максимумов высот объекта;
- положение «вершин» объекта определялось как положение абсолютных максимумов высот «Развала».

Положения «фундамента», «стен» и «вершин» «Развала» были определены для всех 16 разрезов и нанесены на план (рис. 2) с помощью компьютерной программы Global Mapper в универсальной поперечной проекции Меркатора UTM зона 37 (36°E–42°E северной геосферы, метры север/юг – метры запад/восток) в системе координат WGS84.

Полученный план позволяет сделать вывод, что «Развал камней» имеет правильную упорядоченную структуру прямоугольной формы размерами около 100×100 м. Точки «фундамента» и «стен» «Развала» выстраиваются в прямые отрезки, ориентированные по сторонам света: северо-запад, юго-восток и юго-запад, северо-восток. Возможно, они соответствуют положению реальных фундаментов и стен сооружения, построенного по определенному плану и содержащему регулярные структуры, например, крепости.

По данным геохронологии и анализу культурного слоя, возраст «Развала» составляет около 2600–2300 лет. Эти значения соответствуют так называемой фанаторийской регрессии (2600–2300 лет назад), когда уровень окрестных вод понизился на 5–6 м вследствие поднятия дна, вызванного, скорее всего, древним землетрясением. В результате возникла необходимость строительства сооружения (возможно, крепости) на осушенных территориях ближе к урезу воды, которые впоследствии, при окончании регрессии, погрузились под воду (Шрейдер А.А. и др., 2017).

Еще одной важной областью применения технологии изучения ОКН является исследование затонувших судов. С ее помощью был исследован линкор «Екатерина Великая» («Свободная Россия») вблизи м. Доб в Цемесской бухте.

Линкор «Екатерина Великая» спущен на воду 24.05.1914 в г. Николаев, вступил в строй 5.10.1915, переименован в «Свободную Россию» 18.04.1917, во избежание захвата интервентами в ходе Гражданской войны, 19.06.1918 был затоплен своими торпедной атакой эсминца «Керчь». Длина линкора около 170 м, ширина около 28 м, осадка около 8.4 м.

Точки углов полигона имели примерные координаты: 37° 53.860′ в.д. 44° 36.450′ с.ш. (северо-западный), 37° 53.860′ в.д. 44° 36.338′ с.ш. (юго-западный), 37° 53.934′ в.д. 44° 36.450′ с.ш. (северо-восточный), 37° 53.934′ в.д. 44° 36.338′ с.ш. (юго-восточный). При исследовании линкора было выполнено 10 продольных (направление юг-север) и 22 поперечных (направление запад-восток) галсов.

На рис. 3 представлены двумерное (а) и трехмерное (б) изображения линкора «Екатерина Великая» на морском дне, построенные с помощью компьютерной программы Global Mapper в универсальной поперечной проекции Меркатора UTM зона 37 (36°E–42°E северной геосферы, метры север/юг – метры запад/восток) в системе координат WGS84. Примененные методики позволили получить высокую пространственную детализацию расположения линкора. В частности, удалось обнаружить и картографировать воронку (синяя область на рис. 3) от взрыва его боезапаса, произошедшего в 1930-х годах, при попытке его подъема, о которой ранее было неизвестно.

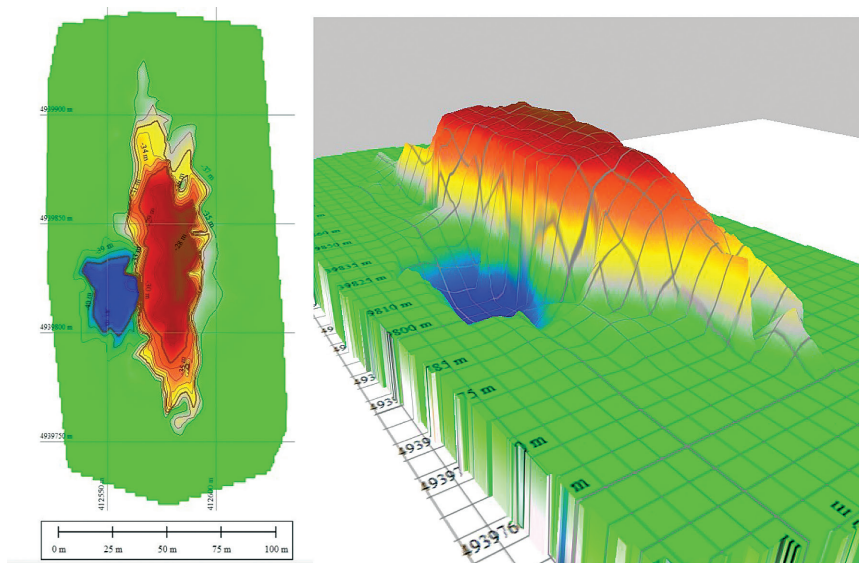


Рис. 3. Двумерное (а) и трехмерное (б) изображение линкора «Екатерина Великая» («Свободная Россия») на морском дне

Заключение

Полученные результаты позволяют сделать вывод об адекватности принципов технологии изучения ОКН, высокой эффективности комплекса при исследовании донных и внутридонных ОКН, а также об адекватности и эффективности методик и алгоритмов их поиска и распознавания. Работа выполнена в рамках Проекта Президиума РАН №0149-2018-0026 ПП РАН 1.56 «Разработка фундаментальных основ технологии использования параметрических гидроакустических средств для поиска, идентификации и мониторинга объектов в воде, на поверхности дна и в осадках» и Проекта РФФИ № 17-05-00075 «Палеогеодинамика пролива Дрейка».

Литература

- Бреховских А.Л., Гринберг О.В., Евсенко Е.И., Ключев М.С., Ольховский С.В., Сажнева А.Э., Шрейдер А.А., Шрейдер Ал.А. О структурах и объектах донного антропоцена в ГИАМЗ «Фанагория» // Материалы XV Всероссийской научно-технической конференции «МСОИ-2017» «Современные методы и средства океанологических исследований». Т. 1. Москва: АПР, 2017. С. 251–254.
- Бреховских А.Л., Гринберг О.В., Евсенко Е.И., Ключев М.С., Ольховский С.В., Ракин И.Я., Сажнева А.Э., Шрейдер А.А., Шрейдер Ал.А. О повышении площадной производительности гидроакустических параметрических профилографов // Материалы XV Всероссийской научно-технической конференции «МСОИ-2017» «Современные методы и средства океанологических исследований». Т. 1. Москва: АПР, 2017. С. 268–271.
- Ключев М.С., Ольховский С.В., Шрейдер А.А. О модели подводной территории ГИАМЗ «Фанагория» // Сборник тезисов докладов школы «Физическое и математическое моделирование процессов в геосредах». Москва: ООО «ПРИНТ ПРО», 2016. С. 102–105.

- Клюев М.С., Ольховский С.В., Фазлуллин С.М., Сажнева А.Э., Евсенко Е.И., Шрейдер Ал.А. О возможностях системы параметрического профилографа, эхолота и приемника ГЛОНАСС/GPS для комплексных исследований донных антропоценовых осадочных отложений // Материалы XXI Международной научной конференции (школы) по морской геологии «Геология морей и океанов». Том V. Москва. ГЕОС, 2015. С. 132–136.
- Шрейдер А.А., Шрейдер Ал.А., Клюев М.С., Евсенко Е.И. Высоко-разрешающая геоакустическая система для геолого-археологического изучения дна // Процессы в геосредах. 2016. № 2(6). С. 156–161.
- Шрейдер Ал.А., Шрейдер А.А., Галиндо-Зальдивар Х., Клюев М.С., Евсенко Е.И., Ольховский С.В., Сажнева А.Э., Захаров Е.В., Чижиков В.В., Бреховских А.Л., Ракитин И.Я., Гринберг О.В. Первые данные геолого-археологического изучения Патрейского шельфа Таманского залива Черного моря // Процессы в геосредах. 2017. № 2 (11). С. 557–562.

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY BASED ON APPLICATION OF THE
PARAMETRIC PROFILOGRAPH USING THE SATELLITE NAVIGATION
DATA FOR RESEARCH ON THE CULTURAL HERITAGE OBJECTS,
BURIED IN THE UNCONSOLIDATED
SEA BOTTOM SEDIMENTS**

**A.L. Brekhovskikh¹, O.V. Greenberg¹, E.I. Evsenko¹, M.S. Klyuev¹,
S.V. Ol'khovskiy², I.Ya. Rakitin¹, A.E. Sazhneva¹, A.A. Shreider¹, Al.A. Shreider¹**

¹*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, 117997, Russia
e-mail: petrov.iv@ocean.ru*

²*Institute of Archeology Russian Academy of Sciences, Moscow, 117036, Russia
e-mail: ptakkon@yandex.ru*

Submitted 14.02.2018, accepted 18.06.2018

The paper concerns with foundations of technology for exploration of cultural heritage objects (CHO) buried in bottom unconsolidated sediments using the parametric profiler method and satellite navigation data. Four of the technology main components namely profilograph sonar, satellite navigation, field study techniques and algorithms of data processing are considered. The system of parametric profilograph sonar and GPS satellite navigation, intended for CHO research in bottom antropocene sediments from small ships, based on these components is considered. The results of the application of the System for the study of CHO in the underwater part of ancient Fanagoria and ancient Patrei are presented. The results of application of the Complex on the submerged battleship «The Great Ecatherine» are also presented.

Keywords: cultural heritage objects, parametric profiler, satellite navigation system, unconsolidated sea sediments, technology of bottom objects study

References

- Brekhovskikh A.L., Grinberg O.V., Evsenko E.I., Klyuev M.S., Ol'khovskii S.V., Sazhneva A.E., Shreider A.A., and Shreider Al.A.* О структурakh и об'ектах донного антропоцена в GIAMZ «Fanagoriya» (About the structures and objects of the bottom anthropocene in the

А.Л. Бреховских, О.В. Гринберг, Е.И. Евсенко, М.С. Ключев, С.В. Ольховский,
И.Я. Раkitин, А.Э. Сажнева, А.А. Шрейдер, Ал.А. Шрейдер

GIAMZ «Fanagoria»), *Sovremennye metody i sredstva okeanologicheskikh issledovaniy* (Modern methods and means of oceanological research), Proceedings of the XV All-Russian Scientific and Technical Conference «MSOI-2017», Moscow: APR, 2017, Vol. 1, pp. 251–254.

Brekhovskikh A.L., Grinberg O.V., Evsenko E.I., Klyuev M.S., Ol'khovskii S.V., Rakitin I. Ya., Sazhneva A.E., Shreider A.A., and Shreider Al.A. O povyshenii ploskhnadnoi proizvoditel'nosti gidroakusticheskikh parametricheskikh profilografov (About the increase of the area performance of hydroacoustic parametric profilographs), *Sovremennye metody i sredstva okeanologicheskikh issledovaniy* (Modern methods and means of oceanological research), Proceedings of the XV All-Russian Scientific and Technical Conference «MSOI-2017», Moscow: APR, 2017, Vol. 1, pp. 268–271.

Klyuev M.S., Ol'khovskii S.V., and Shreider A.A. O modeli podvodnoi territorii GIAMZ «Fanagoriya» (About the model of the underwater territory of GIAMZ «Fanagoria»), *Fizicheskoe i matematicheskoe modelirovanie protsessov v geosredakh* (Physical and mathematical modeling of processes in geo-environments), Collection of theses of the school reports, Moscow: ООО «PRINT PRO», 2016, pp. 102–105.

Klyuev M.S., Ol'khovskii S.V., Fazlullin S.M., Sazhneva A.E., Evsenko E.I., and Shreider Al.A. O vozmozhnykh sistemy parametricheskogo profilografa, ekholota i priemnika GLONASS/GPS dlya kompleksnykh issledovaniy donnykh antropotsenovykh osadochnykh otlozhenii (About the capabilities of the system of a parametric profiler, a sonar and a GLONASS / GPS receiver for complex studies of bottom anthropocene sedimentary deposits), *Geologiya morei i okeanov* (Geology of the seas and oceans), Materials of the XXI International Scientific Conference (School) in Marine Geology, Moscow: GEOS, 2015, Vol. 5, pp. 132–136.

Shreider A.A., Shreider Al.A., Klyuev M.S., and Evsenko E.I. Vysoko-razreshayushchaya geoakusticheskaya sistema dlya geologo-arkheologicheskogo izucheniya dna (High resolution geoacoustic system for geological and archaeological study of the bottom), *Protsessy v geosredakh*, 2016, No. 2(6), pp. 156–161.

Shreider Al.A., Shreider A.A., Galindo-Zal'divar Kh., Klyuev M.S., Evsenko E.I., Ol'khovskii S.V., Sazhneva A.E., Zakharov E.V., Chizhikov V.V., Brekhovskikh A.L., Rakitin I.Ya., and Grinberg O.V. Pervye dannye geologo-arkheologicheskogo izucheniya Patreiskogo shel'fa Tamanskogo zaliva Chernogo morya (The first data of the geological and archeological study of the Patray shelf of the Taman Bay of the Black Sea), *Protsessy v geosredakh*, 2017, No. 2(11), pp. 557–562.