

УДК 534.23

**Ключевые слова:** обобщенная теория нормальных волн, волновод Пекериса, вертикальный поток мощности, вектор интенсивности, вихревая составляющая, комбинированный приемник.

Щуров В.А., Черкасов А.В., Касаткин Б.А., Злобина Н.В., Касаткин С.Б. АНОМАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ПОЛЯ ВЕКТОРА ИНТЕНСИВНОСТИ В АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНОВОДАХ // Подводные исследования и робототехника. 2011. №2 (12). С. 4–17.

Выполнен анализ энергетической структуры звуковых полей в слоистых средах, предсказывающий возникновение резонансных явлений, сопровождающих захват энергии звуковых волн при полном внутреннем отражении. Получены аналитические оценки вертикальной компоненты вектора интенсивности и ее периодической изменчивости по продольной координате, характеризующие резонансную реакцию волновода. На основе теоретического анализа сделан важный вывод о возможности возбуждения в волноводе Пекериса обобщенной волны пограничного типа, не имеющей критической частоты. Однако эта волна принадлежит комплексному угловому спектру источника и характеризуется квадрупольным типом распределения горизонтальных потоков мощности в области определения. Приведены экспериментальные результаты, подтверждающие аномальные особенности поля вертикальной компоненты вектора интенсивности и вихревую структуру поля самого вектора интенсивности.

УДК 551.46.077:629.584

**Ключевые слова:** система управления, АНПА, программная платформа, RCE.

Наумов Л.А., Боровик А.И., Баль Н.В. RCE – ПРОГРАММНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АНПА // Подводные исследования и робототехника. 2011. №2 (12). С. 18–25.

Рассматриваются вопросы создания программного обеспечения системы управления (СУ) автономного необитаемого подводного аппарата (АНПА) на базе программной платформы (ПП). Приводится аналитический обзор используемых в настоящее время ПП управления роботами с учетом особых требований, выдвигаемых СУ АНПА (полностью автономная работа, работа при наличии каналов связи с низкой пропускной способностью, специфические задачи и область применения АНПА). Описываются особенности создаваемой платформы RCE (Robot Components Engine), предназначенной для системы управления АНПА. Приводится пример архитектуры программного обеспечения СУ АНПА, построенного на описываемой платформе.

УДК 551.46.077:629.584

**Ключевые слова:** идентификация, распознавание, подводный аппарат, телевизионная система, фото-лаг, АНПА, ТНПА.

Павин А.М. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОДВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ НА ФОТОСНИМКАХ МОРСКОГО ДНА // Подводные исследования и робототехника. 2011. №2 (12). С. 26–30.

Рассматривается задача идентификации объектов искусственного или естественного происхождения на фотосним-

ках морского дна. В качестве шаблона может выступать любой объект, в том числе фрагмент ранее полученного снимка, однозначно определяемый контурами своих границ. Обнаружение искомого объекта производится путем перебора ключевых точек или небольших отрезков границ предметов на изображении с последующим увеличением значений ячеек в накопителе. Обработка реальных снимков морского дна подтвердила эффективность представленного алгоритма при решении задач определения смещения аппарата по последовательности фотоснимков, выделения подводного маркера прямоугольной формы и белого фала.

УДК 681.883:551.462.8

**Ключевые слова:** картографирование морского дна, улучшение гидролокационных изображений, сигналы с финитным спектром, метод двойной фильтрации, интерполяция на неравномерных выборках.

Ковтанюк А.Е., Сущенко А.А., Агафонов И.Б., Золотарев В.В. УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ МЕТОДОМ ДВОЙНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ // Подводные исследования и робототехника. 2011. №2 (12). С. 31–37.

Рассматривается задача улучшения качества гидроакустических изображений, полученных при картографировании морского дна гидролокатором бокового обзора автономного подводного робота. Для решения поставленной задачи предлагается метод двойной фильтрации, заключающийся в последовательной обработке высокоамплитудного (импульсного) и низкоамплитудного (белого) шума. На первом этапе

используются методы интерполяции сигналов с финитным спектром, на втором – методы приближения функций на основе метода наименьших квадратов. Эффективность предложенного подхода подтверждается результатами вычислительных экспериментов с реальными данными.

УДК 551.46.077:629.584

**Ключевые слова:** автономный необитаемый подводный аппарат (АНПА), морские испытания, система управления, навигационный комплекс.

Борейко А.А., Горнак В.Е., Мальцева С.В., Матвиенко Ю.В., Михайлов Д.Н. МАЛОГАБАРИТНЫЙ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АВТОНОМНЫЙ НЕОБИТАЕМЫЙ ПОДВОДНЫЙ АППАРАТ «МТ-2010» // Подводные исследования и робототехника. 2011. №2 (12). С. 37–42.

Сообщается о создании и испытаниях в ИПМТ ДВО РАН нового малогабаритного многофункционального автономного необитаемого подводного аппарата (АНПА) «МТ-2010». Пилотный образец аппарата, получивший название «Пилигрим», был поставлен для МЧС РФ. В новом аппарате развиты идеи и технологии, ранее апробированные при разработке АНПА «ММТ-3000».

УДК 534.6

**Ключевые слова:** метан, морская вода, оптическая спектрометрия, лазерно-индуцированная флуоресценция, комбинационное рассеяние, дистанционное обнаружение.

Салюк П.А., Буланов В.А., Корсков И.В., Буланов А.В., Крикун В.А., Майор А.Ю., Бубновский А.Ю., Букин О.А., Ляхов Д.Г. ВОЗМОЖНОСТЬ

ДИСТАНЦИОННОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ПОВЫШЕННЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ МЕТАНА В МОРСКОЙ ВОДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ОПТИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ НА ПОДВОДНЫХ ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМЫХ АППАРАТАХ // Подводные исследования и робототехника. 2011. №2 (12). С. 43–51.

Рассмотрены возможности современных методов оптической спектрологии, которые могут быть использованы для *in-situ* и дистанционного обнаружения повышенных концентраций метана в морской воде. Приведены результаты авторов по *in-situ* измерениям спектров лазерно-индуцированной флуоресценции и комбинационного рассеяния морской воды в Охотском море в районах выхода газовых факелов, которые зарегистрированы на шельфе о-ва Сахалин с помощью акустического зондирования. На спектрах выделены особенности в спектральном диапазоне 610–620 нм, характерные для районов с обнаруженными газовыми факелами. Рассмотрено дальнейшее развитие лазерных спектрометров на телеуправляемых погружаемых аппаратах для измерения сигналов флуоресценции и комбинационного рассеяния различных компонентов морской воды, напрямую или косвенно связанных с содержанием метана в морской воде.

УДК 534.6

**Ключевые слова:** низкочастотная гидроакустика, шельф, звуковое поле.

Самченко А.Н., Швырев А.Н., Пивоваров А.А., Коротченко Р.А. РАСПРОСТРАНЕНИЕ НИЗКОЧАСТОТНОГО АКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА

В МЕЛКОМ МОРЕ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В ДОННЫХ ОСАДКАХ // Подводные исследования и робототехника. 2011. №2 (12). С. 52–56.

Рассмотрены результаты гидроакустических экспериментов с использованием низкочастотных излучателей (26 и 33 Гц), проведенных в 2010 г. в заливе Посыета Японского моря. Гидроакустические эксперименты проводились на акватории, где ранее были получены сведения о геологической обстановке в верхнем осадочном слое. Показан пример влияния неоднородных включений в донных отложениях на распространение акустического сигнала.

УДК 531.383

**Ключевые слова:** система ориентации, буксируемая антенна.

Желтаков А.В., Семенова С.А. СИСТЕМА ОРИЕНТАЦИИ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОЙ ГИБКОЙ ПРОТЯЖЕННОЙ БУКСИРУЕМОЙ АНТЕННЫ (ГПБА) // Подводные исследования и робототехника. 2011. №2 (12). С. 56–63.

Приведено описание системы ориентации гидроакустической гибкой протяженной буксируемой антенны (ГПБА), особенности конструкции, перспективы дальнейшего развития, результаты исследования поведения при буксировке в условиях мелководья.

УДК 551.465.4:681.518

**Ключевые слова:** экологический мониторинг, автоматизированная система, морские акватории, принципы построения, элемент системы, решаемые задачи.

Минаев Д.Д. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ РЕГИОНАЛЬ-

НОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА МОРСКИХ АКВАТОРИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОНОМНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ // Подводные исследования и робототехника. 2011. №2 (12). С. 64–68.

Основной проблемой устойчивого и надежного функционирования системы экологического мониторинга морских акваторий является недостаточность ее информационного наполнения. Анализ показывает, что наиболее полная и достоверная информация об экологическом состоянии морских акваторий добывается в ходе ведения комплексных морских экспедиционных исследований. Однако такие работы носят в основном локальный характер и проводятся достаточно редко для того, чтобы адекватно оценить динамику процесса антропогенного воздействия на природную среду в целом и как следствие сделать прогноз развития экологической обстановки на различных уровнях. Решение этой важной государственной задачи может лежать в плоскости создания автоматизированной информационной системы экологического мониторинга морских акваторий, где в качестве ее основных элементов могут выступать автономные технические средства и робототехнические комплексы.

Рассматриваются основные задачи, решение которых может взять на себя автоматизированная информационная система экологического мониторинга морских акваторий, проводится синтез концептуального облика системы и формулируются основные принципы ее построения.

УДК 551.465.4:681.518

**Ключевые слова:** экологический мониторинг, автоматизированная система, морские акватории, принципы построения, элемент системы, решаемые задачи.

Петухов В.И., Минаев Д.Д., Лисицкая И.Г. КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ // Подводные исследования и робототехника. 2011. №2 (12). С. 69–74.

Рассматриваются методика и результаты ведения комплексных морских экспериментальных исследований по оценке экологического состояния участка морской акватории, расположенного в Уссурийском заливе. Апробировано применение программно-аппаратного комплекса на базе многолучевого эхолота Reson SeaBat 7125. Новый с точки зрения экологических исследований метод позволил локализовать места и районы сброса грунта, а также оценить их пространственные размеры с высокой степенью точности и привязкой к абсолютным географическим координатам. Данный метод позволил произвести микро-районирование исследуемого участка морской акватории по типам подводного ландшафта и составить схему расположения районов и мест сброса грунта. Комплексный анализ информации выявил устойчивую прямую зависимость между наличием находящихся на морском дне исследуемого полигона районов (участков) сброса грунта и значительным ростом количественных характеристик контролируемых показателей загрязнения морской экосистемы. Кроме того, выявлена обратная зависимость между количественными

оценками показателя средней биомассы макробентоса и высокими количественными характеристиками оцениваемых показателей загрязнения морской среды.

## ABSTRACTS

**Keywords:** generalized theory of normal waves, Pekeris waveguide, vertical stream of power, vector of the intensity, vertical component, combined receiver.

Schurov V.A., Cherkasov A.V., Kasatkin B.A., Zlobina N.V., Kasatkin S.B. ANOMALOUS FEATURES OF THE INTENSITY VECTOR FIELD STRUCTURE IN ACOUSTIC WAVEGUIDES // Underwater Investigation and Robotics. 2012. №2(12). P. 4–17.

The analysis of power structure of sound fields in the layered environments, predicting occurrence of the resonant phenomena accompanying capture of sound waves energy at total internal reflection is executed. Analytical estimations of the vertical components of intensity vector and its periodic variability on the longitudinal coordinate, describing resonant reaction of a waveguide are received. On the basis of the theoretical analysis it is drawn the important conclusion on an opportunity of excitation in Pekeris waveguide of the generalized wave of the boundary type which is not having critical frequency. This wave belongs to a complex angular spectrum of a source, it is characterized by quadrupole type of distribution of horizontal power flows in the definitional domain. The experimental results confirming anomalous features of the field of intensity vector vertical

component and vertical structure of the field of the intensity vector are resulted.

**Keywords:** control system, AUV, robotic framework, middleware, RCE.

Naumov L.A., Borovik A.I., Bal N.V. RCE – ROBOTICS FRAMEWORK FOR AUV CONTROL SYSTEM // Underwater Investigation and Robotics. 2012. №2(12). P. 18–25.

This article focuses on development of the Autonomous Underwater Vehicle (AUV) control system software on base of the robotics framework. Some of the popular modern frameworks are reviewed, considering requirements, imposed by the AUV specifics. This article describes new framework – RCE, which was specially created to meet given requirements. The architecture of the AUV control system, which can be build on base of the RCE, is proposed.

**Keywords:** identification, recognition, underwater vehicle, photo system, photo reckoning, AUV, ROV.

Pavin A.M. UNDERWATER OBJECTS IDENTIFICATION ON SEA-BOTTOM IMAGES // Underwater Investigation and Robotics. 2012. №2(12). P. 26–30.

The identification problem of artificial or natural objects on underwater images is considered in this work. Any object (including previous received image) with unequivocally determined contours can be used as a pattern. Detection of the required object is made by exhaustive search of key points (or small pieces of borders) with the subsequent increase of the accumulator cells. Processing of real sea-bottom images has confirmed the algorithm

efficiency at the decision of dead reckoning, marker recognition and line recognition tasks.

**Keywords:** mapping of seabed, sonar images improving, finite spectrum signals, the method of double filtration, interpolation on nonuniform samples.

Kovtanyuk A.E., Sushchenko A.A., Agafonov I.B., Zolotarev V.V. IMPROVING OF A QUALITY OF HYDROACOUSTIC IMAGES BY METHOD OF DOUBLE FILTRATION // Underwater Investigation and Robotics. 2012. №2(12). P. 31–37.

The problem of improving of a quality of hydroacoustic images obtained under mapping of sea bottom by the side-scan sonar autonomous underwater robot is considered. For solving of this problem the method of double filtration is proposed. It contains procedures of filtering of high-amplitude and low-amplitude noises. At first step, methods of interpolation of band-limited functions are used, at the second step, the least-squares method for smoothing low-amplitude noises is used. Efficiency of the proposed approach is proved by results of numerical experiments with real acoustic data.

**Keywords:** autonomous underwater vehicle (AUV), sea tests, control system, navigation complex. Boreyko A.A., Gornak V.E., Maltseva S.V., Matvienko Yu.V., Mikhaylov D.N. SMALL MULTIFUNCTIONAL AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLE «MT-2010» // Underwater investigation and robotics. 2011. №2 (12). P. 37–42.

It communicates about the creation and the tests in IMTP FEB RAS of new small multifunctional autonomous

underwater vehicle (AUV) «MT -2010». The pilot model of vehicle «Pilgrim» was placed for MES RF. In the new vehicle are developed the ideas and technologies, previously approved with the development AUV «MMT-3000».

**Keywords:** methane, sea water, optical spectrometry, Laser-induced fluorescence, RAMAN, remote detection.

Salyuk P.A., Bulanov V.A., Korskov I.V., Bulanov A.V., Krikun V.A., Mayor A.Yu., Bubnovskiy A.Yu., Bukin O.A., Lyakhov D.G. UUV OPTICAL SPECTROSCOPY METHODS FOR UNDERWATER METHANE DETECTION // Underwater Investigation and Robotics. 2012. №2(12). P. 43–51.

The paper considers the possibilities of modern optical spectroscopy methods that can be used *in-situ* and remote to detect elevated concentrations of methane in seawater. The authors results of measurements of the spectra of laser-induced fluorescence and Raman scattering of Ochotsk sea water released in the areas of gas flares are presented. The spectra are marked especially in the spectral range 610-620 nm, characteristic of the regions with detected gas flares. Considered further development of laser spectrometers to measure the fluorescence signals and of the Raman scattering of the various components of sea water, either directly or indirectly associated with the methane content in sea water, for remote-controlled submersible vehicles.

**Keywords:** low-frequency hydroacoustics, shelf, sound field.

Samchenko A.N., Shvyrev A.N., Pivovarov A.A., Korot-

chenko R.A. PROPAGATION OF LOW-FREQUENCY ACOUSTIC SIGNAL IN SHALLOW WATER WITH THE EFFECT OF INHOMOGENEITIES IN THE SEDIMENTS // Underwater Investigation and Robotics. 2012. №2(12). P. 52–56.

In this work the results are shown of sonar experiments, using low-frequency emitters (26 and 33 Hz), held in 2010 in the Posyet Gulf Sea of Japan. Hydroacoustic experiments were conducted in the waters that previously had received information about the geological situation in the upper sediment layer. An example of the influence of inhomogeneous inclusions in the sediments on the propagation of the acoustic signal is shown.

**Keywords:** system of orientation, towed array.

Jeltakov A.V., Semenova S.A. SYSTEM OF ORIENTATION HYDROACOUSTIC FLEXIBLE LENGTHY TOWED ARRAY // Underwater Investigation and Robotics. 2012. №2(12). P. 56–63.

Article introduce to system of orientation hydroacoustic flexible lengthy towed array, the construction feature, the perspective subsequent development, research the results of behavior during towing in shallow water.

**Keywords:** ecological monitoring, automated system, sea water areas, construction principles, system element, solved problems.

Minaev D.D. PRINCIPLES OF CONSTRUCTION OF THE

REGIONAL AUTOMATED INFORMATION SYSTEM OF ECOLOGICAL MONITORING OF SEA WATER AREAS WITH APPLICATION OF INDEPENDENT MEANS AND ROBOTICS COMPLEXES // Underwater Investigation and Robotics. 2012. №2(12). P. 64–68.

The basic problem of steady and reliable functioning of system of ecological monitoring of sea water areas is insufficiency of its information filling. The analysis shows that the fullest and trustworthy information about an ecological condition of sea water areas is extracted during conducting complex sea forwarding researches. However such works have basically local character and are spent what adequately to estimate for this purpose seldom enough dynamics of process of anthropogenous influence on environment as a whole and as consequence to make the forecast of development of ecological conditions at various levels. The decision of this important state problem can lie in a plane of creation of the automated information system of ecological monitoring of sea water areas where as its basic elements independent means and robotics complexes can act.

In work the primary goals which decision the automated information system of ecological monitoring of sea water areas can incur are considered, to be spent synthesis of conceptual shape of system and main principles of its construction are formulated.

**Keywords:** ecological monitoring, automated system,

sea water areas, construction principles, system element, solved problems.

Petukhov V.I., Minaev D.D., Lisitskaya I.G. COMPLEX RESEARCH OF ECOLOGICAL CONDITION OF SEA WATER AREAS // Underwater Investigation and Robotics. 2012. №2(12). P. 69–74.

The technique and results of conducting complex sea experimental researches in assessment of ecological condition of a sea water area site located in Ussuriisk gulf are presented in the paper at hand. Software and hardware complex on the basis of multiple-beam echo sounder Reson SeaBat 7125 was applied. The new method allows locating ground dumping sites and accurately assessing their spatial size with a bind to GPS coordinates. The given method has allowed to divide the site into smaller areas by the types of underwater landscape and to make a scheme of ground dumping sites arrangement. Complex analysis of the information has revealed steady direct dependence between the presence of ground dumping sites at the bottom of the area under study and considerable growth of quantitative characteristics of sea ecosystem pollution indicators under control. Besides, inverse relationship between quantitative estimations of average macrobenthos biomass and high quantitative characteristics of estimated indicators of sea environment pollution is revealed.

