

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ИНСТИТУТ ОКЕАНОЛОГИИ им. П.П. Ширшова РАН  
МГТУ им. Н.Э.Баумана**

**XVII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ**



**«СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА  
ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ»  
(МСОИ-2021)**

**МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ**

**В двух томах  
Том II**

**МОСКВА  
ИОРАН 2021**

На первой странице обложки изображен  
Подводный шагающий аппарат МАК-1

УДК 551.46.07

С232

ББК 26.221

**«Современные методы и средства океанологических исследований» (МСОИ-2021) / Материалы XVII международной научно-технической конференции. Том II. – М.: Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН. 2021. 278с.**

**ISBN 978-5-6045110-2-2.**

**DOI: 10.29006/978-5-6045110-2-2**

Книга содержит материалы конференции МСОИ-2021. В сборнике представлены доклады ученых-океанологов, инженеров, аспирантов и студентов, посвященные современным технологиям исследований природы Мирового океана в связи с наиболее актуальными фундаментальными проблемами океанологии.

В томе II рассмотрены методы и средства исследований оперативной океанологии, актуальные проблемы экологии океана, связанные в частности с изучением Российской Арктики, современные технологии и тенденции развития техники подводных исследований, подводных аппаратов и роботов, а также результаты применения современных информационных технологий.

Доклады опубликованы в авторской редакции.

Редактирование: Н.А. Римский-Корсаков, Н.Ф. Тихонова

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН на 2021 год (тема №0128-2021-0010, №0128-2021-0011).

**“Modern methods and means of oceanological research”. Proceedings of the XVII International Conference MSOI-2021, Vol. II. – Moscow: Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, 2021. 278 p.**

The book contains the reports of the MSOI-2021 Conference. The collection contains reports of oceanographers, engineers, graduate students and students, dedicated to modern technologies for studying the nature of the World Ocean in connection with the most pressing fundamental problems of oceanology.

Volume II discusses methods and tools for research in operational oceanology, topical problems of ocean ecology, related in particular to the study of the Russian Arctic, modern technologies and trends in the development of technology for underwater research, underwater vehicles and robots, as well as the results of the application of modern information technologies.

ББК 26.221, М 34

© ИОРАН 2021

С232

ISBN 978-5-6045110-2-2

## ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ МСОИ-2021

- |    |                       |   |
|----|-----------------------|---|
| 1  | Римский-Корсаков Н.А. | д.т.н., заместитель директора по морской технике ИО РАН, председатель             |
| 2  | Нигматулин Р.И.       | академик РАН, научный руководитель ИО РАН, сопредседатель                         |
| 3  | Акуличев В.А.         | академик РАН  |
| 4  | Лобковский Л.И.       | академик РАН, научный руководитель геологического направления ИОРАН               |
| 5  | Флинт М.В.            | академик РАН, научный руководитель направления «Экология морей и океанов» ИО РАН, |
| 7  | Верещака А.Л.         | чл. корр. РАН, руководитель лаборатории ИОРАН                                     |
| 8  | Нейман В.Г.           | чл. корр. РАН, главный научный сотрудник ИОРАН                                    |
| 9  | Гулев С.К.            | чл.-корр. РАН, руководитель лаборатории ИОРАН                                     |
| 10 | Завьялов П.О.         | чл.-корр. РАН, заместитель директора ИО РАН,                                      |
| 11 | Шевченко В.В.         | к.г.-м.н. зам. дир. ИО РАН,   |
| 12 | Каевицер В.И.         | д.т.н, ФИРЭ им. Котельникова РАН  |
| 13 | Вельтищев В.В.        | д.т.н., зав. кафедрой МГТУ им. Н.Э.Баумана  |
| 14 | Вялышев А.И.          | д.ф.-м.н., главный научный сотр. ВНИИ ГОЧС МЧС РФ                                 |
| 15 | Сагалевиц А.М.        | д.т.н., зав. лаб. ИО РАН, Герой России  |
| 16 | Мотыжёв С.В.          | д.т.н., руководитель научного направления МГИ, Севастополь                        |
| 17 | Добролюбов С.А.       | чл.-корр. РАН, декан факультета МГУ   |
| 18 | Вязилов Е.Д.          | д.т.н., зав. лаб. ЦОД ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» Росгидрометцентра, Обнинск               |
| 19 | Казеннов А.Н.         | Руководитель лаборатории НИЦ «Курчатовский институт»                              |

## **ОРГКОМИТЕТ МСОИ-2021**

- |                         |   |
|-------------------------|---|
| 1. Соков А.В.           | председатель, д.г.н. директор ИОРАН                           |
| 2. Римский-Корсаков Н.А | <u>зам. председателя</u> , д.т.н., зам. директора ИО РАН      |
| 3. Вельтищев В.В.       | <u>сопредседатель</u> д.т.н., зав. каф. МГТУ им. Н.Э. Баумана |
| 4. Островский А.Г.      | к.г.н., вед.н.с. ИО РАН                                       |
| 5. Мокиевский В.О.      | д.б.н., вед.н.с. ИО РАН                                       |
| 6. Глуховец Д.И.        | к.ф.-м.н., с.н.с. ИО РАН                                      |
| 7. Егоров А.В.          | к.г-м.н., зав. лабораторией ИО РАН                            |
| 8. Свиридов С.А.        | к.т.н. зав. отделом инф. технологий ИО РАН                    |
| 9. Метальников А. А.    | к.ф.-м.н., с.н.с. ИО РАН                                      |
| 10. Карабашева Э.И.     | н.с. ИО РАН   |
| 11. Уманская И.А.       | глав. спец. отдела информационных технологий                  |
| 12. Тихонова Н.Ф.       | н.с., секретарь конференции                                   |

### **Координационная рабочая группа:**

Научн.сотр. Пронин А.А., вед.инж. Водяная Е.Г., ст. инж. Ёлкина М.М., вед.инж. Соколов А.А., вед.инж. Молчанов Б.В., Куликова Т.А., вед.инж. Марин В.М., инж. Белевитнев Я.И., Муравья В.О.

Конференция проводится при финансовой поддержке Института океанологии им. П.П.Ширшова РАН, Московского государственного технического университета им.Н.Э.Баумана.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### І. ОПЕРАТИВНАЯ ОКЕАНОЛОГИЯ

КАРТИРОВАНИЕ ОКРУЖАЮЩИХ АКУСТИЧЕСКИХ ШУМОВ В ОКЕАНЕ В ИНТЕРЕСАХ ПРИЛОЖЕНИЙ	
<b>Коваленко В.В., Мاستрюков С.И., Телегин В.А.</b> _____	<b>11</b>
РАССМОТРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ КЛАССИФИКАЦИИ ТРЕКОВ СУДОВ НА ПРОМЫСЛЕ КРАБА ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ	
<b>Белоконь З.С., Толпин В.А., Пыркова О.А., Андреев М.В., Василец П.М., Пырков В.Н.</b> _____	<b>15</b>
ОПЕРАТИВНАЯ ОКЕАНОЛОГИЯ ЧЕРНОГО МОРЯ (СЕВЕРО-ВОСТОЧНАЯ ПРИБРЕЖНАЯ ОБЛАСТЬ): ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ	
<b>Григорьев А.В., Зацепин А.Г., Кубряков А.А., Кубряков А.И., Шаповал К.О.</b> _____	<b>19</b>
РАЗРАБОТКА ОБЪЕДИНЕННЫХ СХЕМ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ОСНОВЕ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ, МОДЕЛИРОВАНИЯ И РЕАНАЛИЗА	
<b>Иванов В.В., Даньшина А.В., Смирнов А.В.</b> _____	<b>22</b>
ИЗЫСКАНИЕ ИНДИКАТОРА ОТРЫВА ПАРУСА ПОВЕРХНОСТНОГО ДРИФТЕРА	
<b>Мельников В.А., Никитин О.П.</b> _____	<b>27</b>
ЦИФРОВОЙ МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА ДНА ПЕЧЕРСКОГО МОРЯ	
<b>Либина Н.В.</b> _____	<b>31</b>
ОБ ОПЫТЕ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ АВИАМОНИТОРИНГА ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ (НА ПРИМЕРЕ ШТОКМАНОВСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ – ШГКМ И СМЕЖНЫХ С НИМ АКВАТОРИЙ)	
<b>Забавников В.Б.</b> _____	<b>35</b>
ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОПЕРАТИВНОГО ПРОГНОЗА ПЕРСПЕКТИВНЫХ УЧАСТКОВ ПРОМЫСЛА ПЕЛАГИЧЕСКИХ РЫБ И КАЛЬМАРОВ В ЮКР ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ.	
<b>Новиков Ю.В., Самко Е.В.</b> _____	<b>38</b>
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПЕРАТИВНОЙ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ПРОМЫСЛЕ ПЕЛАГИЧЕСКИХ ВИДОВ РЫБ И КАЛЬМАРОВ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА	
<b>Устинова Е.И., Филатов В.Н.</b> _____	<b>42</b>
МЕТОДИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА ДЛЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОРСКИХ ОПЕРАЦИЙ В СЕВЕРНОМ ЛЕДОВИТОМ ОКЕАНЕ	
<b>Ставров К.Г., Степанов В.В., Павлова Е.А.</b> _____	<b>46</b>

СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ  
ПОЛЕЙ ОКЕАНА

<b>Дроздов А. Е., Ковчин И. С.</b>	<b>50</b>
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНАЯ ПРИРОДА ПРИЛОЖЕНИЙ В ОПЕРАТИВНОЙ ОКЕАНОГРАФИИ	
<b>Коваленко В.В.</b>	<b>55</b>
ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПИНГЕРОВ ДЛЯ ПРЕЦИЗИОННОГО ОТБОРА ПРОБ ПРИДОННОЙ ВОДЫ В РАЙОНАХ ЗАХОРОНЕНИЙ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В АРКТИКЕ.	
<b>Тихонова Н.Ф., Носов А.В.</b>	<b>59</b>
СЕЙСМОГРУППА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ОНЛАЙН РЕЖИМЕ ВДОЛЬ МАРШРУТА ДРЕЙФА ПЛАТФОРМЫ «СЕВЕРНЫЙ ПОЛЮС»	
<b>Рогинский К.А., Ганжа О.Ю., Крылов А.А.</b>	<b>62</b>
РАЗРАБОТКА JANUS-СОВМЕСТИМОГО ПРОТОКОЛА ДЛЯ ПРОГРАММНО-ОПРЕДЕЛЯЕМОГО ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО МОДЕМА	
<b>Липавский А.С., Кочетов О.Ю.</b>	<b>65</b>
АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПОДЛЕДНЫЙ ПРОФИЛИРУЮЩИЙ АППАРАТ	
<b>Островский А.Г., Зацепин А.Г., Кочетов О.Ю., Швоев Д.А.</b>	<b>69</b>

**II. ПОДВОДНЫЕ АППАРАТЫ И РОБОТЫ, ПРИБОРНАЯ  
ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА**

ПРОВЕРКА МЕТОДА СНИЖЕНИЯ СКОРОСТИ КОРРОЗИИ В МОРСКОЙ И ПРЕСНОЙ ВОДЕ В ЗАСТОЙНЫХ ЗОНАХ ЗАТОПЛЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	
<b>Васильев Н.В., Торопов М.Н., Селиванов А.С.</b>	<b>75</b>
АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА ФОТО- И ВИДЕОРЕГИСТРАЦИИ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ	
<b>Сергеев В.В., Косянчук С.И., Прибылов Ю.С., Семашкин О.И.</b>	<b>79</b>
АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ПОДВОДНОГО ВИДЕНИЯ	
<b>Проконич А.В., Павлова Е.Н.</b>	<b>82</b>
АВТОНОМНЫЙ ПРИВЯЗНОЙ ПРОФИЛИРУЮЩИЙ АППАРАТ «ВИНЧИ»: ИСПЫТАНИЯ И ДОРАБОТКА	
<b>Островский А.Г., Зацепин А.Г., Кочетов О.Ю., Мысливец И.В., Швоев Д.А., Кондрашов А.А.</b>	<b>84</b>
ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АППАРАТОВ ВОДОПРОНИЦАЕМОГО ТИПА В ПОДВОДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ	
<b>Юрьев А.И., Махров В.П.</b>	<b>89</b>
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ ГИДРОЛОКАЦИОННЫХ И ВИДЕО ДАННЫХ ПРИ ИССЛЕДОВАНИЯХ ПОДВОДНЫХ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ В КАРСКОМ МОРЕ И ЗАЛИВАХ НОВОЙ ЗЕМЛИ	
<b>Анисимов И.М., Муравья В.О., Тронза С.Н.</b>	<b>91</b>

ИСПЫТАНИЯ ШАГАЮЩЕГО АППАРАТА МАК-1 В ПОДЛЕДНЫХ УСЛОВИЯХ	
<b>Чернышев В.В., Калинин Я.В., Шаронов Н.Г.</b>	<b>95</b>
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ДАТЧИКИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ	
<b>Нересов Б.А., Римский – Корсаков Н.А.</b>	<b>99</b>
СТАТИСТИЧЕСКАЯ МАГНИТОМЕТРИЯ – НОВОЕ НАУЧНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ МОРСКОЙ МАГНИТОМЕТРИИ	
<b>Нересов Б.А., Римский – Корсаков Н.А.</b>	<b>101</b>
ГЛУБОКОВОДНЫЕ РАБОТЫ ГЛУБОКОВОДНЫХ ОБИТАЕМЫХ АППАРАТОВ «МИР» НА ЗАТОНУВШИХ ОБЪЕКТАХ В ОКЕАНЕ	
<b>Сагалевиц А.М.</b>	<b>104</b>
ПРИНЦИПЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОДОЛАЗОВ В БАРОКАМЕРЕ	
<b>Яхонтов Б.О.</b>	<b>108</b>
СИСТЕМА ГАЗОВОГО АНАЛИЗА И ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СРЕДЫ В ВОДОЛАЗНОЙ БАРОКАМЕРЕ	
<b>Яхонтов Б.О.</b>	<b>112</b>
ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ОБРАТНОЙ ПОЗИЦИОННОЙ ЗАДАЧИ КИНЕМАТИКИ В СРЕДЕ SIMMECHANICS	
<b>Ветюгов Н.С., Смирнов И.А., Елкин А.В.</b>	<b>116</b>
СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ АНАЛИЗА ВЛИЯНИЯ ДИНАМИКИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПРИВОДОВ НА ТОЧНОСТЬ ТРАЕКТОРНОГО ДВИЖЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРА	
<b>Ветюгов Н.С., Смирнов И.А., Розман Б.Я.</b>	<b>120</b>
ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОННЫХ СТАНЦИЙ И ОБСЕРВАТОРИЙ ДЛЯ ЗАДАЧИ КЛИМАТА	
<b>Комаров В.С.</b>	<b>124</b>
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРИЕМА СИГНАЛОВ ПИНГЕРА	
<b>Носов А.В., Тихонова Н.Ф., Демидова Т.А.</b>	<b>126</b>
ОПЫТ РАЗРАБОТКИ АКУСТИЧЕСКОЙ УКБ НАВИГАЦИИ В ИО РАН.	
<b>Тихонова Н.Ф., Носов А.В., Демидова Т.А.</b>	<b>130</b>
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОРСКИХ ГИБРИДНЫХ ВИЭ НА АКВАТОРИИ КРЫМА	
<b>Горлов А.А.</b>	<b>132</b>
МОРСКИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОСВОЕНИЯ АРКТИКИ	
<b>Горлов А.А.</b>	<b>135</b>
СОЗДАНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛИННОМЕРНОГО КАБЕЛЯ В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ «UNITY»	
<b>Гамазов Н.И., Гавриков А.М.</b>	<b>139</b>
ПОДВОДНАЯ ГИДРОАБРАЗИВНАЯ РЕЗКА	
<b>Вельтищев В.В., Колпаков В.И., Илюхина А.А.</b>	<b>143</b>
РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОТРАБОТКИ КОМПОНЕНТОВ КОМПЛЕКСНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА	
<b>Ромашко А. С., Егоров С. А., Куценко А. С.</b>	<b>148</b>

ЧАСТОТНЫЙ МЕТОД ПЕЛЕНГОВАНИЯ ПОДВОДНОГО АППАРАТА  
ГИДРОАКУСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ ЛОКАЛЬНОГО  
ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

<b>Каевицер В.И., Кривцов А.П., Смольянинов И.В., Элбакидзе А.В.</b>	<b>152</b>
ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА	
<b>Ромашко А. С., Егоров С. А.</b>	<b>156</b>
ПРОГРАММА-ФОРМИРОВАТЕЛЬ НАВИГАЦИОННЫХ ДАННЫХ В ГИДРОАКУСТИЧЕСКИЕ ПОИСКОВЫЕ СРЕДСТВА	
<b>Ромашко А. С., Бычик Р. В., Егоров С. А.</b>	<b>160</b>
ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В КОНСТРУКЦИЯХ ПОДВОДНЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ	
<b>Вельтищев В.В., Сарвира Д.В., Орлов М.А., Букша А.Ю.</b>	<b>165</b>
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДВИЖЕНИЯ ПОДВОДНОГО АППАРАТА С РЕАЛИЗАЦИЕЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПО ГЛУБИНЕ	
<b>Худайдатова Р.Р., Ветюгов Н.С., Розман Б.Я.</b>	<b>169</b>
РАЗРАБОТКА СПУГОПОДЪЕМНОГО УСТРОЙСТВА С ЦЕЛЬЮ РЕАЛИЗАЦИИ ЕГО СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ	
<b>Евдочук Д.Д., Худайдатова Р.Р., Елкин А.В.</b>	<b>173</b>
ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ГИДРОГРАФИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС С МНОГОЛУЧЕВЫМ ЭХОЛОТОМ	
<b>Дунчевская С.В. Колесников А.В.</b>	<b>175</b>

### III. ЭКОЛОГИЯ ОКЕАНА

МЕТОДИКИ МОНИТОРИНГА ПЛАВАЮЩЕГО МОРСКОГО МУСОРА (НА  
ПРИМЕРЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ)

<b>Погожева М.П., Якушев Е.В., Терский П.Н., Глазов Д.М., Коршенко А.Н., Ханке Г.</b>	<b>180</b>
ПАРАЗИТОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД В ЭКОЛОГО-ПОПУЛЯЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ОКУНЯ-КЛЮВАЧА SEBASTES MENTELLA СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ	
<b>Бакай Ю.И.</b>	<b>183</b>
ЕЩЕ ОДИН СЛУЧАЙ «КРАСНОГО ПРИЛИВА», ОБНАРУЖЕННЫЙ В ПОРТУ Г. НОВОРОССИЙСКА (ЧЕРНОЕ МОРЕ)	
<b>Ясакова О.Н., Лужняк О.</b>	<b>187</b>
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ CLADOSERA В АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ АКВАТОРИИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ	
<b>Джалилов А.Г.</b>	<b>191</b>
ДИНАМИКА $pCO_2$ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ВОД ЧЕРНОГО МОРЯ	
<b>Орехова Н.А.</b>	<b>195</b>



МЕТОД ОТБОРА ПРОБ МОРСКОЙ ВОДЫ НА СОДЕРЖАНИЕ МИКРОПЛАСТИКОВЫХ ЧАСТИЦ	
<b>Ершова А.А., Татаренко Ю.А., Макеева И.Н.</b>	<b>199</b>
СОСТОЯНИЕ МОРСКИХ ПЕЛАГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В РАЙОНЕ ВЕРБЯНОЙ КОСЫ ВОСТОЧНОГО ПРИАЗОВЬЯ	
<b>Селифонова Ж.П., Самышев Э.З.</b>	<b>203</b>
ОЦЕНКА ПЛОТНОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ КРАБА-ВСЕЛЕНЦА <i>SCIPHOESETES</i> <i>ORPILIO</i> В КАРСКОМ МОРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БНПА "ВИДЕОМОДУЛЬ»	
<b>Галкин С.В., Залота А.К., Удалов А.А., Пронин А.А.</b>	<b>207</b>
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ЗВУКОРАССЕИВАЮЩИМИ СЛОЯМИ МЕЗОЗООПЛАНКТОНА В ОКИСКЛИНЕ И ЗОНЕ ГИПОКСИИ ЧЕРНОГО МОРЯ	
<b>Островский А.Г., Соловьев В.А., Швоев Д.А.</b>	<b>211</b>
ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МИКРОПЛАСТИКОМ МОРЕЙ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА В 2019-2020 ГГ	
<b>Педченко А.П.</b>	<b>216</b>
ГИДРОАКУСТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОЛЕЙ АНФЕЛЬЦИИ ТОБУЧИНСКОЙ ( <i>ANFELTIA TOBUSCHIENSIS</i> ) В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)	
<b>Кузнецов М.Ю., Шевцов В.И., Убарчук И.А.</b>	<b>221</b>
ВЛИЯНИЕ ШУМА МОТОРНЫХ ЛОДОК НА ВЕРОЯТНОСТЬ ОБНАРУЖЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ БЕЛУХ	
<b>Шатравин А.В., Таганова М.М., Беликов Р.А.</b>	<b>225</b>
БЕНТОС ПРИЛЕДНИКОВЫХ ЧАСТЕЙ ЗАЛИВОВ НОВОЙ ЗЕМЛИ БОГАЧЕ, ЧЕМ ПРЕДСТАВЛЯЛОСЬ РАНЕЕ – НОВЫЕ ДАННЫЕ БНПА «ВИДЕОМОДУЛЬ»	
<b>Удалов А.А., Анисимов И.М., Басин А.Б., Кузьмин В.Ю., Симаков М.И., Тронза С.Н., Пронин А.А.</b>	<b>228</b>
МОНИТОРИНГ ДОННЫХ СООБЩЕСТВ В РАЙОНЕ ЗАТОПЛЕНИЯ АПЛ К- 27 (ЗАЛИВ СТЕПОВОГО, НОВАЯ ЗЕМЛЯ, КАРСКОЕ МОРЕ)	
<b>Удалов А.А., Веденин А.А., Чава А.И.</b>	<b>231</b>
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВИДЕОРЕГИСТРАТОРА МЕЗОПЛАНКТОНА ДЛЯ АНАЛИЗА ЭКОЛОГИИ ВОДОЕМОВ, В ТОМ ЧИСЛЕ В АРКТИКЕ	
<b>Оленин А.Л.</b>	<b>234</b>
ИСПЫТАНИЯ ВИДЕОРЕГИСТРАТОРА МЕЗОПЛАНКТОНА И ЧАСТИЦ ВЗВЕСИ В КАРСКОМ МОРЕ	
<b>Оленин А.Л.</b>	<b>236</b>
КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАХОРОНЕНИЙ ТВЕРДЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ (ТРО) В 81 РЕЙСЕ НИС «АКАДЕМИК МСТИСЛАВ КЕЛДЫШ В КАРСКОМ МОРЕ	
<b>Римский-Корсаков Н.А., Кикнадзе О.Е., Пронин А.А., Алексеев И.Н., Казеннов А.Ю.</b>	<b>238</b>

СПЕКТРАЛЬНАЯ ИНДЕКСАЦИЯ РАСТРОВЫХ СНИМКОВ ОКЕАНА КАК СРЕДСТВО КОНТРОЛЯ НЕПОСТОЯНСТВА СОСТАВА ФИТОПИГМЕНТОВ В ПРИПОВЕРХНОСТНОМ ВОДНОМ СЛОЕ

**Карабашев Г.С.** \_\_\_\_\_ 243

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПРЯМОГО МИКРОСКОПИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕАЛЬНОЙ ЧИСЛЕННОСТИ МЕЙОБЕНТОСА ЧЕРНОМОРСКИХ СУЛЬФИДНО-ГИПОКСИЧЕСКИХ МЕСТООБИТАНИЙ ДНА

**Иванова Е.А.** \_\_\_\_\_ 247

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАЛАКОФАУНЫ В ЗОНАЛЬНО-ПОЯСНОМ ЭКОТОПЕ РАКУШИ АКВАТОРИИ КАРАДАГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТУРЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

**Гулин М.Б.** \_\_\_\_\_ 251

МЕЙОБЕНТОС КАК ИНСТРУМЕНТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА: РОЛЬ СЕЗОННОГО ФАКТОРА

**Мокиевский В.О., Чесунов А.В., Нгуен Ву Тхань, Нгуен Динь Ты** \_\_\_\_\_ 254

#### IV. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ОБМЕНА ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИМИ ДАННЫМИ

**Вязилов Е.Д., Михеев А.С.** \_\_\_\_\_ 258

О ШТОРМОВОЙ АКТИВНОСТИ НА ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ НА ОСНОВЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЕСИМО

**Вязилова Н.А., Вязилов А.Е.** \_\_\_\_\_ 262

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВСЕХ ПОСТУЛАТ ЕВКЛИДА – ОСНОВА ИНФОРМАЦИОННОЙ ДОСТОВЕРНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

**Гузевич С.Н.** \_\_\_\_\_ 266

ПРОГРАММА ОТОБРАЖЕНИЯ СИГНАЛОВ ПИНГЕРА

**Носов А.В., Тихонова Н.Ф., Демидова Т.А.** \_\_\_\_\_ 271

## I. ОПЕРАТИВНАЯ ОКЕАНОЛОГИЯ

УДК 504.556

### КАРТИРОВАНИЕ ОКРУЖАЮЩИХ АКУСТИЧЕСКИХ ШУМОВ В ОКЕАНЕ В ИНТЕРЕСАХ ПРИЛОЖЕНИЙ

**Коваленко В.В.<sup>1</sup>, Мاستрюков С.И.<sup>2</sup>, Телегин В.А.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Нахимовский пр., 36, 117997, г. Москва, 8(499)124-13-01, hydrophys@mail.ru*

<sup>2</sup> *АО «Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт», Кожевенная линия, 41, 199106, г. Санкт-Петербург, 8(962)727-18-86, mastr\_si@mail.ru*

<sup>3</sup> *Институт земного магнетизма и распространения радиоволн РАН, Калужское шоссе, 4 108840, г. Москва, Троицк, 8(495)851-01-20, telvika@gmail.com*

### AMBIENT ACOUSTICAL NOISE MAPPING IN OCEAN ENVIRONMENT FOR APPLIED TASKS

**Kovalenko V.V.<sup>1</sup>, Mastriukov S.I.<sup>2</sup>, Telegin V.A.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, 36, Nakhimovskii prospect, Moscow, 117997*

<sup>2</sup> *Joint Stock Company "The State Research Navigation-Hydrographic Institute" 41 Kozhevennaia line, 199106, St. Petersburg,*

<sup>3</sup> *Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio wave 4, Kluzhskoe Hwy, Moscow, Troitsk, 108840*

Рассмотрены существующие технологии получения информации о пространственном распределении акустических шумов в океане на основе использования инструментария оперативной океанографии и мониторинга надводной обстановки.

Nowadays views on technology mapping space distribution underwater acoustic noise in ocean based on operational oceanography instrumentation and surface monitoring is considered. The question on now cast and forecast knowledge about of ocean noise maps in applied tasks is touched.

Ранее нами рассматривалась связь задачи подводного наблюдения (ПН) с оценками состояния океанической среды [1]. Предусматривалось картирование акваторий в значениях выходных показателей ПН. В основе подхода лежали оценки отношения сигнал/помеха во множестве точек географического пространства. Результатом [1] были представления об объединении принципов оперативной океанографии и ПН в виде сквозной технологии. В рамках такой технологии предполагалось, что свойства среды, определяющие структуру акустических полей, изменчивы по пространству и во времени. Несмотря на кажущуюся равноправность содержащихся в [1] рассуждений относительно изменчивости и сигналов, и шумов, вопросы картирования шумов остались не раскрытыми. Более того, в известных работах подводный акустический шум часто выражается фиксированными значениями уровня (NL), привязанными к оценкам Венца [2]. Содержание настоящей работы дополняет [1]. И, если ранее основной задачей являлось ПН, то в рамках картирования шумов столь же важной является задача влияния шумов на морскую биоту.

Опираясь на работу [3], введем необходимые для последующего изложения понятия. Окружающий шум определяется как характеристика океанической среды, связанная с состоянием этой среды. Окружающий шум формируется несколькими генераторами и представляет результат их совокупной деятельности. В их числе: вызванное ветром морское волнение, надводное судоходство, сейсмическая активность, биологические источники звука. Его составляющие могут характеризоваться интегральными значениями уровней во всей занимаемой полосе частот или в более узких полосах. Интегрирование может осуществляться также по пространству и времени. В разных частотных диапазонах преобладающий вклад в окружающий шум вносят различные генераторы. Отметим существенное влияние на характеристики окружающего шума условий распространения акустических волн и гео-пространственную зависимость этих условий, а соответственно и шума. В мелкой воде условия распространения будут отличаться от условий глубокой воды. Все перечисленные выше генераторы шума будут работать в условиях пространственной изменчивости скорости звука и свойств морского дна, т.е. батиметрии, рельефа и различных характеристик дна. Характеристики акустического шума неотделимы от свойств океанической среды, в которой они присутствуют. Важно отметить, что применительно к диапазону средних и высоких частот (500 Гц – 20 кГц) существуют апробированные модели и расчетные формулы, связывающие уровни шумов (NL), волнение и скорость ветра.

Измерителями морского волнения могут быть океанографические станции и средства дистанционного зондирования.

Синтезируя полученные в мировой практике результаты, мы предлагаем блок-схему технологии картирования окружающих шумов (рис. 1).

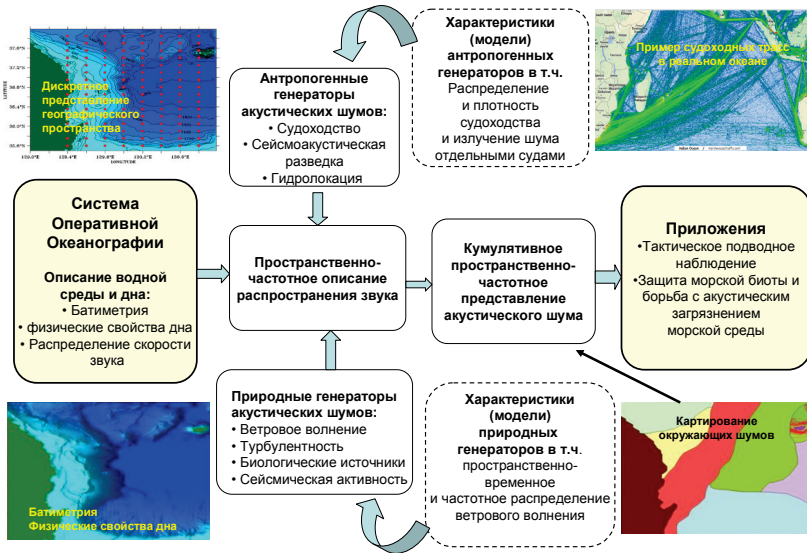


Рис. 1. Блок-схема технологии картирования окружающих шумов в океане в интересах приложений

В этой схеме от системы оперативной океанографии (СОО) требуется получить оценки состояния среды. Входы в СОО те же, что и в [1]. Выходом является распределение скорости звука. Эта характеристика в совокупности со свойствами дна в блок-схеме играет одинаковую по отношению и к сигналу, и к шуму роль. Но источники акустических возмущений в случае шума другие и именно они определяют специфику технологии картирования. Здесь можно говорить о сквозной технологии «оперативная океанография – акустическое загрязнение среды». Состояние поверхности, дна и батиметрия могут рассматриваться и как элементы СОО, и как входные данные при формировании пространственно-частотного описания шумовых полей и природного, и антропогенного происхождения. Принципиально важно, чтобы указанное описание происходило не в локальной области (в точке), а

служило бы гео-пространственной характеристикой больших по размерам акваторий. Подобно [1], обширная акватория представляется дискретным набором парциальных ячеек. Расчеты полей и потерь выполняются вдоль набора радиальных азимутальных направлений из центров каждой из указанных ячеек. Уровни выражаются в стандартных единицах акустического давления или спектральной плотности мощности и по необходимости усредняются по частоте, времени или пространственному окну. В диапазоне низких частот ( $< 500$  Гц) преобладающий вклад в окружающий шум вносит судоходство. Информация о трафике судов обычно получается с использованием системы автоматической идентификации судов в море (AIS). Для этих целей также возможно использование радиолокации. Уровни шума в среде оцениваются путем свертки потерь на распространение звука с уровнями источников и плотностью их расположения в пространстве. При оценке плотности судоходства в известных нам примерах пространство разбивалось на площадки размером  $1\text{ км} \times 1\text{ км}$ . Вследствие того, что производимый судоходством низкочастотный шум распространяется на большие расстояния, пространственные размеры области оценок должны быть большими (сотни км).

Отметим, что согласно работе [4] в 2012 году под эгидой NOAA был разработан инструмент гео-пространственного картирования окружающих шумов в океане и разработана соответствующая стратегия. Из работы [5] следует, что в рамках деятельности европейского союза создан инструмент, обеспечивающий мониторинг шума и его оценки. Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (тема №0128-2021-0010) при поддержке РФФИ (проекты №20-05-00384 «А» и № 18-05-66070 «Арктика»).

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Коваленко, В.В. Приложения систем оперативной океанографии в подводной акустике // МСОИ-2019 Материалы XVI н/т конференции, том 2.- М.: ИД Академии Жуковского, 2019 с. 13-17
2. G.W. Wenz, "Acoustic ambient noise in the ocean: Spectra and sources,"// J. Acoust. Soc. Am. 34, p. 1936–1956 1962
3. W.A. Kuperman and F. Ingenito, "Spatial correlation of surface generated noise in a stratified ocean," // JASA v. 676, 1980.
4. Ocean Noise Strategy Roadmap [Электронный ресурс], NOAA September 2016 //Режим доступа: <http://cetsound.noaa.gov/ons>
5. Ocean Noise Mapping in Support to EU and International Regulations Copernicus Marine Services 2016 [Электронный ресурс] //Режим доступа: [https://qos.quiet-oceans.com/qos/Copernicus\\_Marine\\_Service/](https://qos.quiet-oceans.com/qos/Copernicus_Marine_Service/)

**РАССМОТРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ КЛАССИФИКАЦИИ  
ТРЕКОВ СУДОВ НА ПРОМЫСЛЕ КРАБА ПО ДАННЫМ  
СПУТНИКОВОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ**

**Белоконь З.С.<sup>1</sup>, Толпин В.А.<sup>1</sup>, Пыркова О.А.<sup>2</sup>, Андреев М.В.<sup>1</sup>,  
Василец П.М.<sup>1</sup>, Пырков В.Н.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Институт космических исследований РАН  
ул. Профсоюзная 84/32, 117997, Москва, 8 (495) 333-53-13,  
belokon@d902.iki.rssi.ru*

<sup>2</sup> *Московский физико-технический институт (национальный  
исследовательский университет), 141701, Московская обл,  
г. Долгопрудный, Институтский пер., 9*

**THE POSSIBILITY OF CLASSIFYING SHIP TRACKS IN THE  
CRAB FISHERY BASED ON SATELLITE POSITIONING DATA**

**Z.S. Belokon<sup>1</sup>, V.A. Tolpin<sup>1</sup>, O.A. Pyrkova<sup>2</sup>, M.V. Andreev<sup>1</sup>,  
P.M. Vasilets<sup>1</sup>, V.N. Pyrkov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Space Research Institute of the RAS  
117997 Moscow, Profsoyuznaya st. 84/32*

<sup>2</sup> *Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny, Moscow  
Region, 141701, Russian Federation*

Рассмотрены возможности автоматизированной классификации треков судов по спутниковому позиционированию на крабовом промысле и последующее сопоставление результатов классификации с отчетной информацией. Проведен контроль отчетов о глубине промысловых операций в сравнении с треками судов.

The possibilities of automated classification of ship tracks based on satellite positioning in the crab fishery are considered, and the subsequent comparison of classification results with reporting information. Monitoring of reports on the depth of fishing operations in comparison with ship tracks was carried out.

Отраслевая система мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов (далее - ОСМ), является эффективным и надежным инструментом [1].

Внедрение механизм сбора дополнительной информации, передаваемой капитанами судов рыбодобывающего флота в ОСМ, в прошлом году позволило существенно повысить качество информации представляемой ОСМ. В частности, наличие дополнительной информации о начале и продолжительности промысловой операции, а также о средней глубине, на которой проводится эта промысловая операция, позволило предложить новые методы верификации данных ОСМ сопоставлением отчетов капитанов и данных спутникового позиционирования судов [2]. В вышеуказанном докладе рассматривался траловый промысел в основном во время минтаевой путины.

В данном докладе методы автоматической классификации треков по данным спутникового позиционирования, ранее предложенные в работах [3], [4], [5], [6] были применены для анализа крабового промысла.

Для классификации треков необходим анализ гистограммы распределения скоростей. На рисунке 1 представлены гистограммы скоростей. В случае тралового промысла большая часть операций осуществляется на скорости несколько меньше четырех узлов, в то время как при крабовом промысле, основные операции производятся на скорости меньше двух узлов.

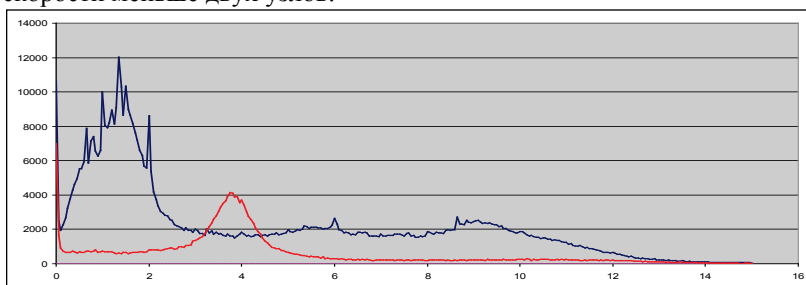


Рис. 1. Гистограмма скоростей в узлах (синяя линия крабовый промысел, красная траление).

Таким образом, отправной точкой для классификации треков в случае крабового промысла являлось предположение, что переход от скорости меньшей двух узлов к скорости три узла и более означает окончание операций с постановкой/подъемом ловушек и начало перехода.

В докладе сделаны первые шаги по сопоставлению классификации треков по спутниковым позиционным данным с дополнительной отчетной информацией.



Были сопоставлены данные о глубине использования орудий промысла при проведении промысловой операции с данными спутникового позиционирования и линиями изобат.

Для определения полигона, соответствующего определенной изобате, внутри которого находится координата судна во время проведения промысловой операции, использовались библиотеки Python shapely и shaperefile. Расхождений между вычисленными глубинами и указанными в судовом суточном донесении. Пример трека судна во время промысловой операции приведен на рис. 2. Большинство операций данное судно проводило на глубинах около 50 метров, за исключением операций, проводимых 10 ноября на глубине 530 метров.

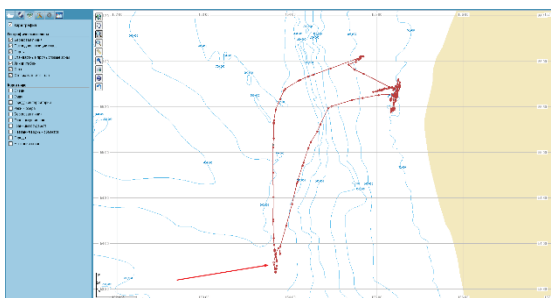


Рис. 2. Пример проведения операций на глубине 530 м.

Кроме представленных выше сопоставлений следует отметить проблемы построения гистограмм скоростей, представленных на рис.1.

Работы проводились с использованием технологий и данных центра коллективного пользования ЦКП "ИКИ-Мониторинг" [7]

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема "Мониторинг", госрегистрация № 01.20.0.2.00164).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Солодилов А.В., Пырков В.Н. Комплексный спутниковый мониторинг судов рыбопромыслового флота // Аэрокосмический курьер. 2011. № 2. С. 68—70.
2. Андреев М.В., Пырков В.Н., Василец П.М., А.В. Солодилов, В.Н. Черных, А.Ю. Дегай А.Ю. // Материалы Восемнадцатой Всероссийской Открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 16 - 20 ноября. 2020. ИКИ РАН. Москва. В печати.

3. Василец П.М., Терентьев Д.А., Коробов С.А., Пырклов В.Н., Солодилов А.В., Дегай А.Ю. Возможности оценки достоверности пространственной информации по вылову донных рыб в отраслевой системе мониторинга Росрыболовства на основе комплексного анализа производственно-промысловой отчетности и данных спутникового позиционирования промысловых судов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 7. С. 35-42. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-7-35-42.
4. Пырклов В.Н., Василец П.М., Дегай А.Ю., Андреев М.В., Черных В.Н., Солодилов А.В. Новый подход к верификации отчетов о вылове на основе классификации треков спутникового позиционирования в системе мониторинга рыболовства // Информационные технологии в дистанционном зондировании Земли - RORSE 2018. ИКИ РАН, 2019. С. 145—149. DOI: 10.21046/rorse2018.145.
5. Дегай А.Ю., Пырклов В.Н., Василец П.М., Андреев М.В. Исследование возможности использования методов машинного обучения для автоматической классификации треков спутникового позиционирования на примере системы мониторинга рыболовства // Материалы Семнадцатой Всероссийской Открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 11-15 ноября 2019. ИКИ РАН, 2019. С. 82. DOI: 10.21046/17DZZconf-2019a2019.
6. Белоконь З.С., Василец П.М., Дегай А.Ю., Пырклов В.Н. Возможность повышения точности автоматической классификации треков судов в Отраслевой системе мониторинга Росрыболовства с помощью методики выявления периодов сближения судов // Материалы XVI международной научно-технической конференции «Современные методы и средства океанологических исследований» (МСОИ-2019). Т.1. С. 251—254.
7. Лупян Е.А., Прошин А.А., Бурцев М.А., Балашов И.В., Барталев С.А. и др. Центр коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 5. С. 263—284

**ОПЕРАТИВНАЯ ОКЕАНОЛОГИЯ ЧЕРНОГО МОРЯ (СЕВЕРО-ВОСТОЧНАЯ ПРИБРЕЖНАЯ ОБЛАСТЬ): ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

**Григорьев А.В.<sup>1,4</sup>, Зацепин А.Г.<sup>3,4</sup>, Кубряков А.А.<sup>2</sup>,  
Кубряков А.И.<sup>2</sup>, Шаповал К.О.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*Государственный океанографический институт им. Н.Н.Зубова,  
119034, г. Москва, Кропоткинский переулок, 6, +79161914867,  
ag-privat@mail.ru*

<sup>2</sup>*Морской гидрофизический институт РАН, 299011, г. Севастополь, ул.  
Капитанская, 2, +79787411145, alexander.kubryakov@mhi-ras.ru*

<sup>3</sup>*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 117997, г. Москва,  
Нахимовский проспект, 36, +79636715104, zatsepin@ocean.ru*

<sup>4</sup>*Московский физико-технический институт, 141701, г. Долгопрудный,  
Московская обл., Институтский переулок, 9, +79197720988,  
s.herridanna@yandex.ru*

**OPERATIONAL OCEANOLOGY OF THE BLACK SEA  
(NORTHEASTERN COASTAL REGION): INTERMEDIATE RESULTS  
AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT**

**Grigoriev A.V.<sup>1,4</sup>, Zatsepin A.G.<sup>3,4</sup>, Kubryakov A.A.<sup>2</sup>, Kubryakov A.I.<sup>2</sup>,  
Shapoval K.O.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*N.N. Zubov's State Oceanographic Institute, 6, Kropotkinskij lane, 119034*

<sup>2</sup>*Marine Hydrophysical Institute of Russian Academy of Sciences, 2,  
Kapitanskaya Str, Sevastopol, 299011*

<sup>3</sup>*Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, 36,  
Nakhimovskii prospect, Moscow, 117997*

<sup>4</sup>*Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny, Moscow Region,  
9, Institutsky lane, 141701*

В докладе представлен анализ результатов сравнения данных численного моделирования гидродинамики прибрежной северо-восточной области Черного моря, проводимого в рамках оперативной океанологии, с данными контактных и спутниковых наблюдений. Предложены перспективы улучшения технологии.

The analysis of the results of comparing the data of numerical modelling of coastal northeastern region of the Black Sea, carried out within the framework of operational oceanology, with contact and satellite observations is presents. Prospects for improving the technology are proposed.

Моделирование динамики и термохалинных характеристик вод северо-восточной области Черного моря проводилось на основе функционирующей в Государственном океанографическом институте им. Н.Н. Зубова (ГОИН) автоматизированной системы RuReM, являющейся подсистемой, разработанной в Морском гидрофизическом институте РАН (МГИ) Черноморской системы прибрежных морских прогнозов (ЧСПМП). Описание автоматизированной системы диагноза и прогноза характеристик вод Черного моря с использованием региональной модели RuReM, совмещенной с общебассейновой моделью МГИ по технологии «вложенных сеток», приведено, в частности, в работе [1] и ссылках в ней. Разрешение региональной модели, основанной на базовом алгоритме Princeton Ocean model (POM), составляло  $\sim 1$  км по горизонтали при 18 слоях в сигма-координатах. В общебассейновой модели с пространственным разрешением  $\sim 5$  км по горизонтали и 35 уровнях по вертикали ассимилируются спутниковые данные о температуре морской поверхности и альтиметрии.

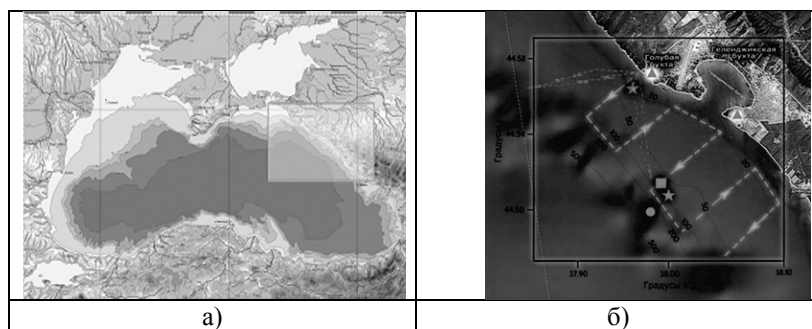


Рис. 1. Область моделирования (а) и расположение Гидрофизического полигона «Геленджик» (б) в северо-восточной области Черного моря.

Кружком обозначено место постановки зондирующего комплекса «Аквалог».

Для оценки физической адекватности и качества моделирования проводилось сравнение модельных и натуральных данных, полученных в

2012 и 2016 годах. Использовались контактные наблюдения на морских гидрометеостанциях (ГМС) Кавказского побережья Черного моря (Новороссийск, Геленджик, Туапсе, Сочи), и данные измерений зондирующего комплекса Аквалог (Гидрофизический полигон «Геленджик»). В качестве спутниковых данных использовались ежедневные карты температуры морской поверхности, полученные по измерениям сканера MODIS-Aqua, и региональный массив картированных аномалий уровня AVISO [2]. Область моделирования и расположение комплекса Аквалог показаны на рисунке 1.

Результаты сравнения показали следующее [1, 2]:

1. Расчеты с использованием региональной модели имеют преимущество в физической адекватности и точности в сравнении с общепассейновой моделью.

2. Различия сравнения для «срочных» (раз в сутки) и среднесуточных модельных и натурных данных оказались невелики. Этот факт может быть вызван значительным влиянием инерционных колебаний на частоте  $\sim 17,5$  часов в глубоководной области моря (место постановки комплекса Аквалог, глубина около 260 метров).

3. Модельные расчеты температуры поверхности моря имеют весьма высокую схожесть и коррелированность с данными наблюдений ГМС (более 93%) и спутниковых измерений (SST, более 96%). Столь высокое соответствие обусловлено усвоением спутниковых измерений в общепассейновой модели, данные из которой являются начальными и граничными условиями для региональной модели.

4. Аналогичные оценки для солёности в целом оказываются неудовлетворительными. Степень физической адекватности моделирования и точности расчетов солёности в районе постановки комплекса Аквалог заметно выше, нежели непосредственно у берега.

5. Коэффициенты корреляции данных спутниковой альтиметрии (SSH), ГМС и моделирования превышают 70%. Этот результат говорит в пользу использования данных SSH и моделирования для слежения за уровнем в прибрежных областях, а также использования данных SSH в алгоритмах их усвоения в численных моделях.

Модельные данные о солёности корректируются посредством усвоения данных спутниковой альтиметрии с использованием технологии пересчета в поправки солёности, подразумевающей определенную автомодельность ее вертикальных профилей в глубоководных областях моря. По-видимому, в прибрежной зоне на небольших глубинах такой алгоритм оказывается некорректным. Этот вывод подтверждается тем, что модельные значения солёности в районе постановки комплекса Аквалог намного ближе к измеренным, нежели у

берегов. Возможно, в мелководных областях моря повышение качества усвоения может быть обеспечено при использовании идеологии фильтра Калмана (слежения за эволюцией корреляционных функций ошибок).

Работа выполнена по теме 4.6.9. плана НИТР Росгидромета.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев А.В., Грузинов В.М., Зацепин А.Г., Воронцов А.А., Кубряков А.И., Шаповал К.О. Оперативная океанография северо-восточной части Черного моря: оценки точности моделирования в сравнении с данными натуральных измерений // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2018. № 1 (367). С. 79-96.
2. Григорьев А.В., Кубряков А.А., Кубряков А.И., Шаповал К.О. Оперативная океанография северо-восточной части Черного моря: оценки точности моделирования в сравнении с данными спутниковых наблюдений // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2019. Вып.4. С.33-39.

УДК 551.465.55

### **РАЗРАБОТКА ОБЪЕДИНЕННЫХ СХЕМ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ОСНОВЕ ДАнных НАБЛЮДЕНИЙ, МОДЕЛИРОВАНИЯ И РЕАНАЛИЗА**

**Иванов В.В.,<sup>1,2</sup> Даньшина А.В.,<sup>2</sup> Смирнов А.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Московский государственный университет м. М.В. Ломоносова,  
Ленинские горы, 1, 119991, г. Москва, +79112743022,  
vladimir.ivanov@aari.ru*

<sup>2</sup> *Арктический и антарктический научно-исследовательский институт,  
ул. Беринга, 38, 199397, г. Санкт-Петербург,*

## DEVELOPMENT OF JOINT SCHEMES OF SPATIAL DISTRIBUTION OF HYDROPHYSICAL CHARACTERISTICS BASED ON OBSERVATION DATA, MODELING AND REANALYSIS

Ivanov V.V.<sup>1,2</sup>, Danshina A.V.<sup>2</sup>, Smirnov A.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Moscow State University M.V. Lomonosov, Leninskie gory, 1, 119991, Moscow, +79112743022, vladimir.ivanov@aari.ru*

<sup>2</sup>*Arctic and Antarctic Research Institute, st. Bering, 38, 199397, St. Petersburg,*

Представлено применение данных наблюдений, совместно с результатами моделирования и продуктами океанского реанализа для построения объединенных схем пространственного распределения гидрофизических характеристик.

The report presents application of field observations together with the results of modeling and ocean reanalysis products for the construction of combined schemes for the spatial distribution of hydrophysical characteristics.

Весной 2019-го года в рамках экспедиции «Трансарктика-2019» в Баренцево море на НЭС «Академик Трешников» [1] был получен большой объем данных высокоточных гидрологических наблюдений, позволяющих оценить современное состояние структуры водных масс. Проблема содержательного анализа этих данных с целью получения объективного описания гидрофизических процессов связана с их пространственной фрагментарностью и привязкой к фиксированным моментам времени. С другой стороны, результаты расчетов на математических моделях и данные океанского реанализа позволяют воспроизвести целостную картину структуры и изменчивости гидрофизических полей с пространственной дискретностью, равной шагу расчетной сетки на временном масштабе, равном продолжительности расчета. Однако, результаты расчетов на численных моделях и данные реанализа пока не в состоянии полностью заменить данные прямых наблюдений из-за недостаточного разрешения моделей и использования упрощенных параметризаций подсеточных процессов. С учетом этого, разработка объединенных схем вертикального и горизонтального распределения термохалинных и динамических параметров, основанные на результатах совместного анализа модельных расчетов, данных океанского реанализа и обработанных данных

наблюдений представляется оптимальным методическим подходом для детализированного диагноза циркуляции вод и льдов.

В докладе представлен опыт применения такого подхода с привлечением результатов прогностических расчетов на модели NEMO (версия 3.6; [www.nemo-ocean.eu](http://www.nemo-ocean.eu)) и океанского реанализа GLOBAL\_ANALYSIS\_FORECAST\_PHY\_001\_024 (MERCATOR; <https://marine.copernicus.eu/>). Для решения поставленной задачи были использованы данные с 4-х характерных гидрологических разрезов в Баренцевом море (рис. 1).

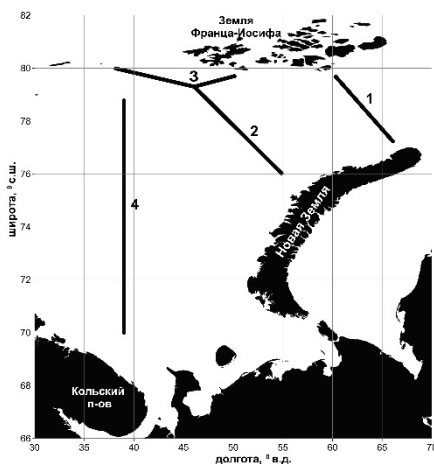


Рис 1. Пространственное расположение гидрологических разрезов, на которых выполнялись измерения в Баренцевом море в мае 2019 г.

В результате выполненного сравнительного анализа можно заключить, что распределения гидрологических параметров на вертикальных разрезах в Баренцевом море, рассчитанные на модели NEMO и восстановленные по реанализу МЕРКАТОР принципиально соответствуют аналогичным распределениям, построенным по данным стандартных измерений в экспедиции «Трансарктика-2019». По результатам моделирования и реанализа надежно выделяются известные из наблюдений структурные зоны (рис. 2).



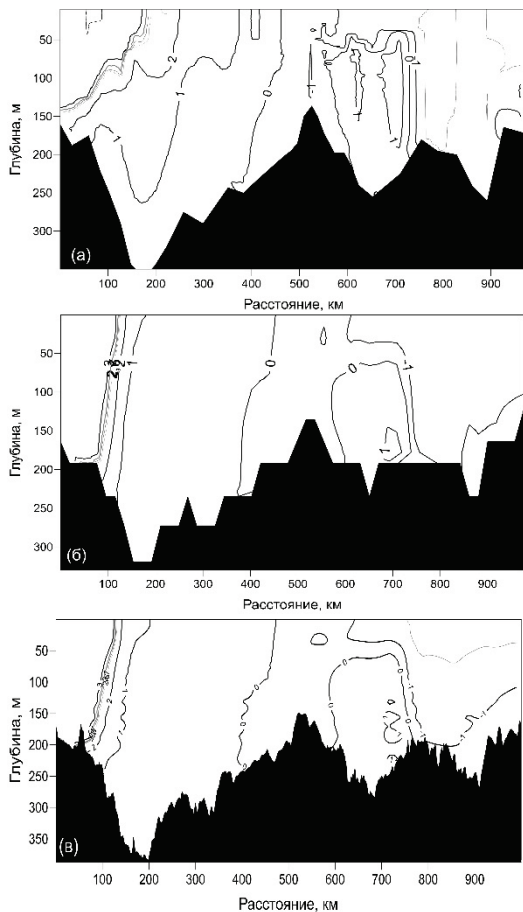


Рис. 2. Распределение температуры, °С, на разрезе 4 по данным измерений (а), расчетным данным NEMO (б) и данным реанализа MERCATOR (в).

Модельные данные также дают близкую к фактической оценку пространственной изменчивости параметров АВ по мере их движения в Баренцевом море (рис. 3).

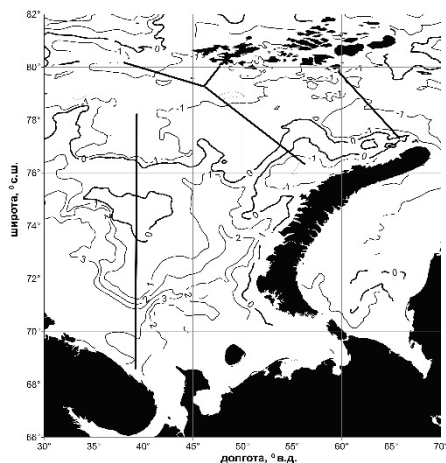


Рис. 3. Среднее (май 2019 г.) горизонтальное распределение температуры воды по данным реанализа MERCATOR. Выделена нулевая изотерма, показывающая положение Атлантической водной массы.

На основе комплементарного анализа независимой информации построены объединенные схемы вертикального и горизонтального распределения термохалинных и динамических параметров в Баренцевом море в мае 2019-го года. Выполненный анализ позволяет сделать вывод, что предложенный подход является оптимальным для получения объективной информации о структуре водных масс и процессах, определяющих их изменения. Принципиальным моментом при этом, является совместное использование независимых источников данных, на основе которых дается экспертная оценка количественных характеристик. Последнее связано с тем, что каждый из источников информации (по отдельности) содержит непреодолимые ошибки, связанные с различными объективными причинами. Эти ошибки могут быть наилучшим образом учтены/устранены только в рамках совместного анализа данных.

Доклад подготовлен при поддержке гранта РФФИ-Арктика № 18-05-60083.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Frolov I.E., Ivanov V.V., Filchuk K.V. et al., Transarktika-2019: winter expedition in the Arctic Ocean on the R/V “Akademik Tryoshnikov” // Problemy Arktiki i Antarktiki. Arctic and Antarctic Research. – 2019. 65, №3. – P. 255–274. doi: 10.30758/0555-2648-2019-65-3-255-274.

## ИЗЫСКАНИЕ ИНДИКАТОРА ОТРЫВА ПАРУСА ПОВЕРХНОСТНОГО ДРИФТЕРА

Мельников В.А.<sup>1</sup>, Никитин О.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Нахимовский пр., 36,  
117997, г. Москва, +7 (499)124-63-83, vmelnikov@ocean.ru*

<sup>2</sup> *Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова,  
Росгидромет, Кропоткинский пер., д.6, 119034, г. Москва,  
7 (499) 246-72-88 ornikitin@mail.ru*

## DETECTION OF THE INDICATOR OF THE SURFACE DRIFTER DROGUE LOSS

Melnikov V.A.<sup>1</sup>, Nikitin O.P.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, 36,  
Nakhimovskii prospect, Moscow, 117997*

<sup>2</sup> *N.N. Zubov State Oceanographic Institute, Roshydromet, 6, Kropotkinskiy  
Lane, 119034, Moscow, Russian Federation*

Показано, что индикатором потери подводного паруса дрейфера могут быть изменения спектрального состава спектральной и вэйвлет плотности ускорений дрейфера, рассчитанных по данным траектории с минимальной дискретностью.

It is shown, that the variations in the spectral and wavelet density composition of the drifter accelerations, calculated on the basis of trajectory data with minimum discreteness, can be used as an indicator of the drifter drogue loss.

Первым полностью развернутым в 2005 г. компонентом Глобальной системы наблюдений за Мировым океаном является Глобальная дрейферная программа [1]. В рамках этой программы постоянно поддерживается глобальная сеть из не менее, чем 1250 лагранжевых (свободно дрейфующих вместе с течениями) поверхностных океанографических буюв - дрейферов, отслеживаемых со спутников. Дрейферы предоставляют ценную информацию о реальных поверхностных течениях Мирового океана.

Стандартные дрейферы имеют поверхностный поплавок с датчиками и массивный подводный парус-якорь с центром на глубине 15 м, необходимый для минимизации ветрового воздействия на поплавок. Измерения скоростей и направлений течений при помощи дрейферов сопровождаются частыми (более, чем у половины дрейферов [2]) обрывами подводного паруса, происходящими под воздействием штормовых волн, сильного ветра и некоторых других факторов. В результате дрейфер уже нельзя считать лагранжевым индикатором течения, отслеживающим его изменения. Имеющиеся на дрейферах датчики контроля паруса не всегда дают надежную, непротиворечивую информацию. Поэтому существует проблема определения момента отрыва паруса на основе полученных данных. По траектории дрейфера, без привлечения дополнительных сведений, определить событие потери паруса достаточно трудно, т.к. ветер и течения воздействуют на дрейфер на близких частотах, рис.1.

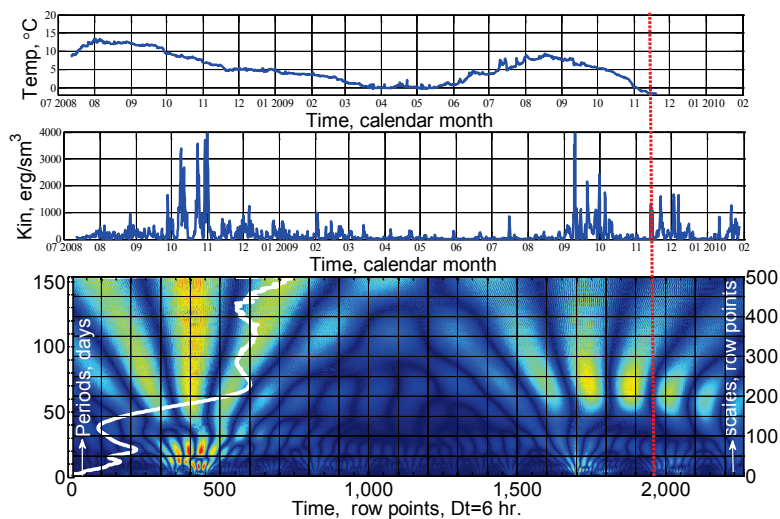


Рис. 1. Ход температуры поверхности воды (верхняя панель), плотности кинетической энергии (средняя панель), вэйвлет-плотности кинетической энергии (нижняя панель) дрейфера № 76807. Светлая линия - спектр вэйвлет-плотности, проинтегрированной по времени. Красная пунктирная линия обозначает время отрыва паруса.

В настоящей работе исследовался набор траекторий дрейфтеров в Баренцевом море с использованием методов спектрального и вэйвлет анализов с целью установления индикатора потери паруса [3].

Для определения момента потери паруса, следуя некоторым предыдущим разработкам, например, [4], был проведён анализ ряда траекторий дрейфтеров, у которых дата и время отрыва паруса были известны *a priori*. Было установлено, что отрыв паруса не проявляется на траекториях, скоростях поплавок, в силу разнообразия течений и ветровых условий в океане, рис.1.

Однако, искомый момент обнаруживается по изменению спектрального состава спектральной и вэйвлет плотности ускорений поплавок, рассчитанных по данным траекторий с минимальной дискретностью 5 минут, с номинальной точностью оценки координат – 7 метров.

Важно отметить, что ошибки при дифференцировании траектории возрастают, причём частотный состав флуктуаций изменяется. Контроль сопутствующей фильтрации осуществлялся по спектрам, рис. 2.

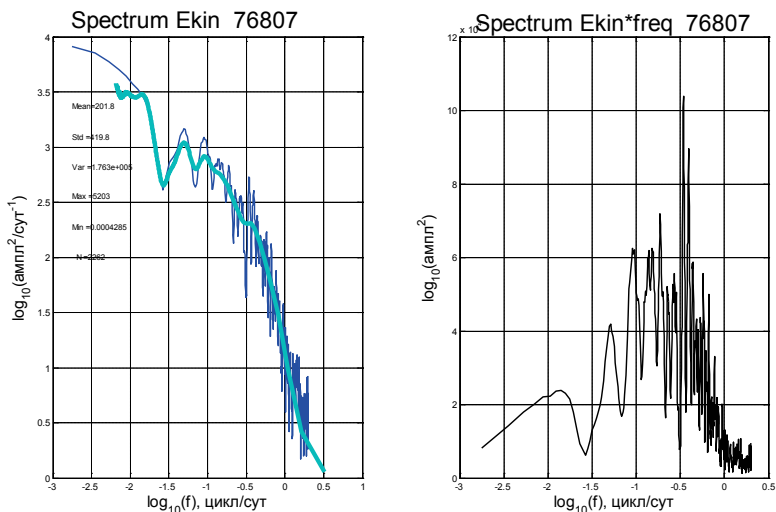


Рис. 2. Спектральная плотность Фурье плотности кинетической энергии (слева) и спектр дисперсии плотности кинетической энергии (справа) буйка № 76807. Светлая зелёная кривая - спектр вэйвлет- плотности, проинтегрированной по времени.

Вторым направлением решения рассматриваемой задачи может быть анализ корреляций между смещениями дрейфтера и высокочастотными флуктуациями силы локального ветра.

Работа выполнена в рамках государственных заданий для Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН- тема № 0128-2021-0002, и для Государственного океанографического института им. Н.Н. Зубова Росгидромета - тема 4.6.11.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Никитин, О.П. Международные программы глобальных океанографических наблюдений и участие в них России // Океанографические исследования .- 2017.- Т.45.- Вып. 1. - С. 70–89.
2. Никитин, О.П. Характеристика глобальных наблюдений за поверхностными течениями Мирового океана с помощью отслеживаемых со спутников дрейфующих буев // Восемнадцатая всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов)". - Москва: ИКИ РАН, 2020.- Сборник материалов конференции, XVIII.Е.375. Дистанционные исследования поверхности океана и ледяных покровов, 234.
3. Мельников, В.А., Никитин, О.П. Особенности траекторий поверхностных поплавков ARGO(S) при переносе из Северной Атлантики в Карское море // XXVIII Международная конференция «Лазерно-информационные технологии в медицине, биологии, геоэкологии и на транспорте – 2020».- Новороссийск: Политех, - 2020.- Труды.
4. Haza A.C., et al. Drogue-Loss Detection for Surface Drifters during the Lagrangian Submesoscale Experiment (LASER) // Journal of Atmospheric And Oceanic Technology. 2018.-V. 35.- N.4. - pp. 705–725.

УДК 551.46

## **ЦИФРОВОЙ МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА ДНА ПЕЧЕРСКОГО МОРЯ**

**Либина Н.В.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 117997, г. Москва,  
Нахимовский пр-т 36, 8(499)124-85-47 lnatvit@mail.ru*

## **DIGITAL MORPHOMETRIC ANALYSIS OF THE PECHORA SEA BOTTOM RELIEF MODEL**

Libina N.V.

*Shirshov Institute of Oceanology RAS 36 Nahimovsky prospect, Moscow,  
Russia, 117997*

Представлены карты (цифровые модели) основных морфометрических характеристик рельефа дна Печерского моря полученные на основе ЦМР.

Maps of the main morphometric characteristics of the Pechora sea bottom relief obtained on the basis of the DEM are presented.

Рельефа дна и его морфометрические характеристики влияют на пространственное распределение и возможную изменчивость геоморфологических и геолого-геофизических свойств дна. Рельеф морского дна, также оказывает значительное влияние на состояние водной среды, особенно в придонной области, влияет на направление придонных течений, разделение их на отдельные потоки, может влиять и на общую циркуляцию вод. Рельеф дна и очертания побережий могут влиять на приливные явления и их взаимодействии с другими видами динамики вод. При этом движение водных масс воздействует на дно и может приводить к изменению его рельефа. Для компьютерной обработки и визуализации в виде различных карт используются цифровые модели рельефа дна (ЦМР).

ЦМР могут иметь как самостоятельное практическое применение, так и выступать в качестве параметров систематизации, типизации и районирования морского дна. ЦМР представляют рельеф

дна в виде сеточного грид-файла с шагом, соответствующим заданному масштабу. Методы пространственной математической обработки непосредственно ЦМР позволяют получать широкий ряд характеристик поверхности дна, в том числе и морфометрических.

Для расчета морфометрических характеристик использовалась ЦМР дна Печерского моря [1], методика построения ЦМР описана в работе [2]. Карта показана на рис.1.

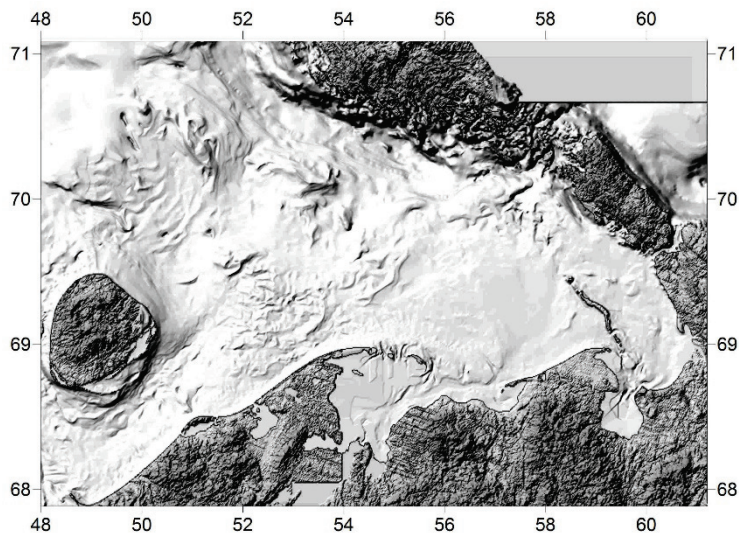


Рис. 1. ЦМР дна Печерского моря.

Основные морфометрические параметры дна, рассчитываются на основе производных первого порядка - уклон (крутизна) и экспозиция склона, и на основе производных второго порядка – кривизны поверхности. Наиболее применимы горизонтальная (плановая), вертикальная (профильная) кривизна [3].

Уклон поверхности показывает интенсивность перепада высот (градиент) между двумя заданными точками (степень выположенности рельефа). Уклон характеризует скорость склоновых процессов, которые вызваны перемещением вещества (грунтов, мутьевых потоков) по поверхности дна под действием силы тяжести. Цифровая модель углов наклона (уклона) поверхности дна Печерского моря показана на рис. 2.



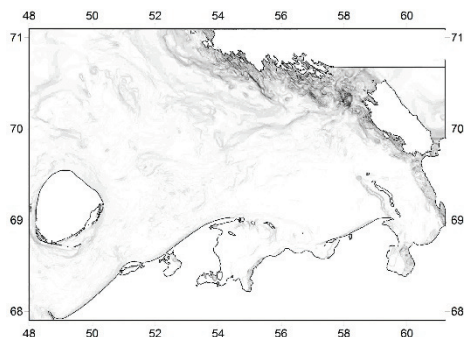


Рис. 2. Цифровая модель углов наклона (уклона) поверхности дна Печерского моря.

Вертикальная (профильная) кривизна описывает градиент уклона вдоль заданного контура и описывает меру изменения градиента; характеризует скорость стока и процессов транспорта осадочного материала. Таким образом, при помощи вертикальной кривизны можно определять местоположение зон аккумуляции материала на вогнутых участках и зон его сноса – на выпуклых. Также карта вертикальной кривизны интегрированная с батиметрической картой, представленной в виде карты возможного экзарационного воздействия на дно, может применяться для выявления участков наибольшей экзарационной опасности. Цифровая модель вертикальной (профильной) кривизны поверхности дна Печерского моря показана на рис. 3.

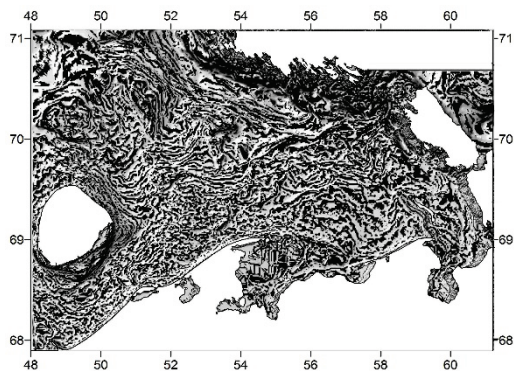


Рис. 3. Цифровая модель вертикальной (профильной) кривизны поверхности дна Печерского моря.

Показателем расчленённости рельефа является среднеквадратическое отклонение (СКО) глубин, характеризующее степень рассеяния глубин относительно их средних значений. Цифровая модель среднеквадратическое отклонение глубин Печерского моря показана на рис. 4.

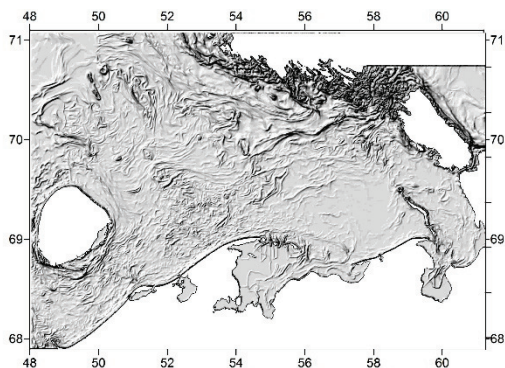


Рис. 4. Цифровая модель среднеквадратическое отклонение глубин Печерского моря.

Морфометрические модели могут применяться при оценки геологической опасности, решении геоморфологических, геолого-геофизических, инженерных, и других задач, имеющих фундаментальное и прикладное значение.

Работа выполнена по государственному заказу № 0128-2021-0005.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кошель С., Кошель А., Ушакова Л. Картографирование рельефа дна северных морей России с использованием цифровых моделей // Интер-Карто/ИнтерГИС-20: Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение. Материалы международной конференции. 23 июля – 8 августа 2014 г. – Издательство Константа Белгород, 2014. – С. 417-423.
2. Никифоров С.Л., Кошель С.М., Фроль В.В. Цифровая модель рельефа дна Белого моря // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 2012. № 3. С. 86–92.
3. Шарый П.А. Геоморфометрия в науках о земле и экологии, обзор методов и приложений // Известия Самарского научного центра РАН. 2006, 8(2) – С. 458-473

**ОБ ОПЫТЕ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ АВИАМОНИТОРИНГА  
ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ  
(НА ПРИМЕРЕ ШТОКМАНОВСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ – ШГКМ И  
СМЕЖНЫХ С НИМ АКВАТОРИЙ)**

**Забавников В.Б.**

*Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича – ПИНРО), ул. Академика Книповича, 6, 183038, г. Мурманск, +7 (815) 240-26-11, +7 (815) 247-33-31, lei@pinro.ru*

**ABOUT EXPERIENCE OF AERIAL MONITORING CARRYING OUT  
FOR ICE CONDITIONS AND ECOLOGICAL SITUATION (IN EXAMLE  
OF STOCKMAN GAS CONDANSATE DEPOSIT – SGCD AND  
ADJACENT AREAS)**

**Zabavnikov V.B.**

*Polar branch of VNIRO (“PINRO” named after N.M. Knipovich – PINRO), 6, Akademika Knipovicha st., Murmansk, 183038, Russia*

В статье представлены основные принципы и подходы необходимые для осуществления авиамониторинга ледовых условий и экологической обстановки на примере его проведения на участке Штокмановского газоконденсатного месторождения (ШГКМ) и смежных с ним акваторий в Баренцевом море

Main principles and approaches which necessary for aerial monitoring ice conditions and ecological situation in example of carrying out its at Stockman gas condensate deposit (SGCD) and adjacent areas in the Barents Sea in paper are presented

В материале представлен и рассматривается опыт принципы и подходы к осуществлению авиамониторинга ледовых условий и экологической обстановки на примере Штокмановского газоконденсатного месторождения (ШГКМ) и смежных с ним участков в Баренцевом море. Цель проведённых научно-прикладных работ – показать и подтвердить результативность, надёжность и качество

осуществления подобного направления деятельности для разведывательного и безопасного промышленного освоения углеводородного сырья и его транспортировки в условиях западного сектора российской Арктики.

Рассматриваемые в настоящем материале работы проводились с борта специально оборудованного самолёта на базе Ан-26, получившего условное название «Арктика», владельцем которого на период осуществления авиамониторинговых исследований являлась авиационная компания «Архангельские воздушные линии» (сейчас это «SMARTAVIA»), находящаяся в г. Архангельск. «Арктика», на борту которой, могут быть установлены и эксплуатироваться, одновременно, максимум 14 научно-измерительных комплекса авазондирования, а также систем сбора, обработки и представления данных, обладает следующими основными тактико-техническими характеристиками:

- максимальная протяжённость маршрута погалсового проведения авиамониторинговых работ (авиасъёмки) за один полёт – 3 200 км;

- максимальная продолжительность полёта – 9 ч.;

- скорость полёта – 250-400 км/ч, непосредственно при авиасъёмке – 300-320 км/ч;

- высота полёта – 100-6 000 м, во время собственно авиасъёмки оптимальной является высота – 200-300 м;

- количество мест для исследователей (борт-операторов/борт-наблюдателей) – 8.

Во время проведения рассматриваемых научно-прикладных работ на борту «Арктики» была установлена и эксплуатировалась следующая аппаратура авиазондирования:

- инфракрасный (ИК) радиометр – предназначен для измерения температуры поверхности моря вдоль маршрута полета самолета с интервалом зондирования 2 сек.;

- линейный ИК-сканер «Малахит» - предназначен для непрерывного получения тепловых изображений в полосе обзора не менее 144 м, включая оценку ледовых условий, наличие полыней и разводьев, в том числе и определение их размеров;

- поляризационный авиационный лидар (ПАЛ) – предназначен для зондирования поверхности моря и приповерхностного слоя вод (до максимальной глубины 40 м) вдоль маршрута полёта самолёта через каждые 10 м с целью обнаружения и регистрации органических загрязнений и определения концентрации хлорофилла «а» на поверхности моря, а также оптических неоднородностей (ОН) в приповерхностном слое вод, по которым в дальнейшем, после

соответствующей интерпретации определяется глубина залегания скачка плотности, локальные участки повышенной концентрации планктона или косяки рыбы и глубина их залегания, а при отсутствии ОН определяется прозрачность вод;

- радиолокатор с синтезированной апертурой (РСА) с длиной электромагнитных волн излучения 23 см (РСА-23) – предназначен для всепогодного (независимо от наличия облачности, тумана и атмосферных осадков любой интенсивности) непрерывного получения изображений поверхности моря в полосе обзора не менее 400 м, в зависимости от высоты полёта самолёта, с пространственным разрешением не хуже 8 м, на основании которых, после соответствующей интерпретации определяются и идентифицируются ледовые условия, участки органических загрязнений, включая определение их размеров, а также гидродинамические неоднородности (зоны вергенций, вихри, меандры и фронты);

- пассивный микроволновый радиометр (ПМР) – обеспечивает непрерывную регистрацию и обнаружение органических загрязнений на поверхности моря на основании интерпретации, полученных значений температуры;

- стандартная цифровая фото-и видеоаппаратура – предназначены для документирования текущей ледовой обстановки, обнаруженных органических загрязнений, а также любых иных их видов, включая источники загрязнений.

Одновременно, наряду с использованием вышеуказанной аппаратуры авиазондирования с двух бортов «Арктики» проводятся стандартные визуальные наблюдения опытными специально обученными борт-наблюдателями. Вся информация, в реальных координатах и времени через внутрисамолётную систему связи (голосовую и компьютерную) поступает в центральный компьютер для дальнейшей обработки, анализа интерпретации, документирования и хранения. Представленная система, по нашему мнению, может полностью рассматриваться, как самостоятельно, так и в качестве элемента авиакосмического мониторинга ледовых условий и экологической ситуации, соответствующего его основным принципам.

Результаты, полученные в ходе реализации вышеуказанных принципов и подхода, по нашему мнению, дают основание сделать базовое заключение о том, что ключевое достоинство их состоит в возможности регулярного мониторинга значительной акватории морской поверхности при минимально возможных финансовых затратах на единицу информации или площади исследуемой акватории, с высокой степенью надежности, результативности и качества. Как

показывают независимые экономические расчеты ряда экспертов даже для ликвидации незначительной аварийной ситуации связанной с добычей углеводородного сырья (включая разведку) и его транспортировкой в западном секторе российской Арктики, затраты будут в 3-6 раз выше по сравнению с обеспечением регулярных авиамониторинговых работ, как самостоятельно, так и в качестве одного из элементов авиакосмического мониторинга при условии создания и функционирования специально созданной региональной службы.

УДК 639.2.053:551.46

## **ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОПЕРАТИВНОГО ПРОГНОЗА ПЕРСПЕКТИВНЫХ УЧАСТКОВ ПРОМЫСЛА ПЕЛАГИЧЕСКИХ РЫБ И КАЛЬМАРОВ В ЮКР ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ.**

**Новиков Ю.В., Самко Е.В.**

*Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (ТИНРО), пер. Шевченко, 4, 690091, г. Владивосток, 8(232)240-09-34 [evgeniy.samko@tinro-center.ru](mailto:evgeniy.samko@tinro-center.ru)*

### **THE BASIS OF THE OPERATIONAL FORECAST OF PROMISING FISHING GROUNDS FOR PELAGIC FISH AND SQUID IN THE SOUTH KURIL TO SATELLITE DATA.**

**Novikov Yu.V., Samko E.V.**

*Pacific Branch FGBNU «VNIRO» (TINRO) 4 Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091*

Приведены закономерности распределения перспективных участков промысла пелагических рыб и кальмаров в ЮКР

The patterns of distribution of promising fishing grounds of pelagic fish and squid in the South Kuril are given

В представленной работе приведено описание закономерностей, используемых при оперативном прогнозе перспективных участков промысла пелагических рыб и кальмаров в ЮКР по спутниковым

данным.

В качестве исходных данных используются следующие (рис.1): 1. Спутниковые ИК-изображения по данным сканера AVHRR (NOAA), позволяющие идентифицировать южнокурильский антициклон и проследить его эволюцию в течение рассматриваемого сезона; 2. Факсимильные карты ТПО японского метеорологического агентства, показывающие термическую структуру поверхностных вод района и ее изменение в течение сезона; 3. Факсимильные карты аномалий ТПО, позволяющие оценить температурный фон района и его изменчивость в течение сезона; 4. Карты распределения фронтов, показывающие положение Северного субарктического фронта в течение сезона; 5. Карты аномалий скоростей течений, рассчитанные по альтиметрическим данным, позволяющие с достаточной степенью точности получить координаты центра южнокурильского антициклона.

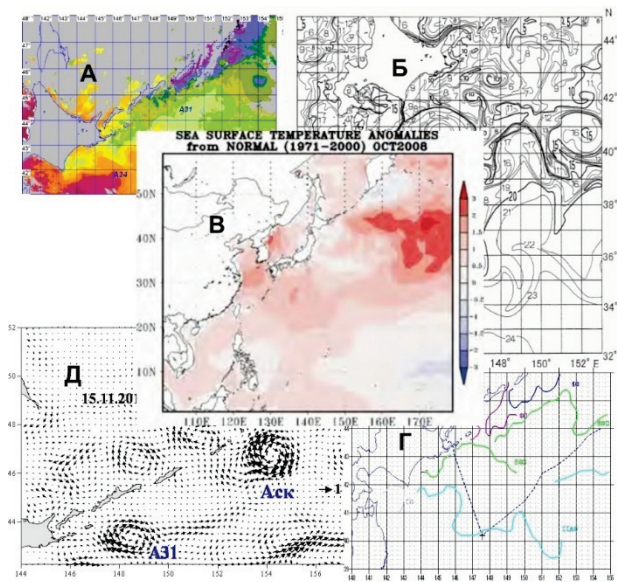


Рис.1. Исходные данные: А – спутниковые ИК-снимки, Б – факсимильные карты ТПО, В – карты аномалий ТПО, Г – карты фронтологического анализа, Д – карты аномалий скоростей течений рассчитанные по альтиметрическим данным.

При оперативном прогнозировании распределения промысла в Южно-Курильском районе большое внимание уделяется исследованию

и анализу положения фронтов и вихрей на исследуемой акватории. Параллельно исследованиям поверхностной термической структуры вод района был проведен поиск закономерностей распределения промысловых скоплений пелагических промысловых объектов, как то кальмары, сайры и, в последние годы, сардина и скумбрия. Исследование этих закономерностей проводились как по данным спутниковой информации, так и с использованием судовых наблюдений. По судовым наблюдениям были выявлены характерные черты миграции в район массовых видов пелагических рыб и кальмаров обусловленные океанологическим режимом определяющимся положением северного субарктического фронта [1, 2]. Получены закономерности распределения промысловых видов кальмаров – тихоокеанского, курильского и Бартрама в зависимости от типа фронта и типа года, определяемого положением северного Субарктического фронта (рис.1А). По спутниковым данным исследовались особенности распределения промысла кальмаров от типа антициклонического вихря и значений альтиметрических высот [3, 4].

Основные полученные результаты исследований закономерностей распределения скоплений сайры в Южно-Курильском были обобщены в работах В.Н. Филатова [5, 6]. Используя полученные знания и механизмы сезонной эволюции поверхностных термических структур района – крупномасштабных антициклонических вихрей (южнокурильский антициклон) и основных термических поверхностных фронтов нами была предложена типизация гидрологических условий района, положения и результатов промысла сайры в промысловый период (август-ноябрь). В зависимости от положения южнокурильского антициклона и типа океанологических условий в начале 2000-х годов были выделены повторяющиеся характерные группы лет, описаны их гидрологические особенности, для каждой группы представлены месячные схемы распределения промысла сайры и рассчитана его эффективность (рис.1Б). Полученные результаты были использованы при составлении путинных и месячных промысловых прогнозов. Исследования, проведенные на промысловых судах в 2014 – 2016 гг подтвердили правильность полученных закономерностей. Однако с 2016 г вылов сайры российскими судами в Южно-Курильском районе начал стремительно снижаться.

Начиная с 2016 г. в Южно-Курильском районе в летне-осенний период начался промысел сардины и скумбрии в связи с резко возрастающей численностью этих пелагических видов. Уже в 2019 г вылов сардины и скумбрии значительно вырос. Такой стремительный рост численности этих видов, по всей вероятности, явился одной из



причин снижения численности сайры в этом районе. Распределение промысловых скоплений сардины и скумбрии хотя и имеет свои особенности, но в большей степени близко к распределению косяков сайры. Основные промысловые скопления сардины и скумбрии приурочены к фронтам северной и восточной границы южнокурильского антициклонического вихря, северному Субарктическому фронту и фронтам системы Ойясио (рис.2). Значительное различие в положении промысловых участков и в ходе промысла наблюдаются в холодные и теплые годы [7]. Полученные закономерности распределения пелагических рыб и кальмаров используются нами при оперативном обеспечении промысла сайры, сардины, скумбрии и кальмаров в летне-осенний период в Южно-Курильском районе. Еженедельно на основе текущих спутниковых ИК снимков и факсимильных карт проводится анализ и диагноз обстановки, дается экспертный прогноз положения участков, благоприятных для поиска и промысла.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Савиных В. Ф., Шевцов Г. А., Карякин К. А. Слободской Е. В., Новиков Ю. В. Межгодовая изменчивость миграций нектонных рыб и кальмаров в тихоокеанские воды южных Курильских островов // Вопросы ихтиологии. – 2003. – Т. 43, № 6. - С.759-771
2. Новиков Ю. В., Слободской Е. В., Шевцов Г. А. Влияние океанологических условий на распределение и биологические особенности массовых видов кальмаров в Южно-Курильском районе // Океанология. – 2007. - Т.47, № 2. - С.259-265
3. Старицын Д.К., Фукс В.Р., Самко Е.В., Филатов В.Н. Особенности концентрации промысловых организмов в зонах волновой и вихревой конвергенции течений.//Вопросы промысловой океанологии. - М.: Изд-во ВНИРО, 2007, Выпуск 4, №2. – С. 159-177.
4. Самко Е.В., Булатов Н.В., Капштер А.В. Два типа антициклонических вихрей к востоку от Японии: происхождение, характеристики, влияние на промысел. // Изв. ТИНРО. – 2008. – Т.154. - С. 189-203.
5. Филатов В.Н., Старцев А.В., Устинова Е.И., Еремин Ю.В. Тихоокеанская сайра. Научно-информационное обеспечение промысловой экспедиции /Гл. ред. Г.Г. Матишов. -Ростов н/Д: ЮНЦ РАН, 2011. – 120 с.

6. Филатов В.Н. Миграции и формирование скоплений массовых пелагических гидробионтов (на примере тихоокеанской сайры) / Отв. ред. Г.Г. Матишов. - Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2015. – 168 с.
7. Новиков Ю.В., Антоненко Д.В., Никитин А.А. Влияние океанологических условий на положение районов промысла пелагических рыб в тихоокеанских водах Курильских островов в холодном 2017 г. и теплом 2018 г.//Труды ВНИРО, т. 180, 2020, с.99-115.

УДК 551.46.09:639.2.053(265.5)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПЕРАТИВНОЙ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ПРОМЫСЛЕ ПЕЛАГИЧЕСКИХ ВИДОВ РЫБ И КАЛЬМАРОВ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА**

**Устинова Е.И., Филатов В.Н.**

*Тихоокеанский филиал ФГБНУ «Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии» (ТИНРО), пер. Шевченко, 4, 690091 Владивосток, 8(423)2604530  
elena.ustinova@tinro-center.ru; saira1@mail.ru*

**USING OF OPERATIONAL OCEANOGRAPHIC INFORMATION FOR  
THE PELAGIC FISH AND SQUID FISHERY IN THE NORTHWESTERN  
PACIFIC**

**Ustinova E.I., Filatov V.N.**

*Pacific branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (TINRO), Shevchenko Alley, 4, 690091 Vladivostok*

В настоящей работе представлены три типа использования оперативной океанографической информации на промысле пелагических видов рыб и кальмаров (сайры, сардины-иваси, скумбрии, тихоокеанского кальмара) в северо-западной части Тихого океана в промысловый сезон с мая по декабрь.

This paper presents three types of using of operational oceanographic information for the pelagic species (saury, sardine, mackerel and pacific

squid) fishery in the Northwestern Pacific in the fisheries season from May to December.

Использование оперативной океанографической информации на российском промысле пелагических видов рыб в северо-западной части Тихого океана (СЗТО) имеет длительную историю. Уже в ранних работах конца 1950-х - начала 1960-х лет приводятся базовые принципы использования данных о температуре поверхности океана (ТПО) для поиска промысловых скоплений сайры, при этом максимальное внимание уделяется «определению мест стыка теплых и холодных вод» [1]. К настоящему времени получен большой практический опыт осуществляемого ТИНРО оперативного научного обеспечения российского промысла стайных пелагических рыб (сайра, сардина, скумбрия) и кальмаров в СЗТО с мая по декабрь. Важнейшие закономерности пространственного распределения, миграций, формирования скоплений промыслового характера этих видов и воздействия на эти процессы окружающей среды [2-6] используются в современной оперативной работе. Динамика вод и океанические фронтальные разделы разного масштаба [7] при этом имеют первоочередное значение. На рис. 1. приведены примеры распределения гидрологических фронтов и промысловых скоплений пелагических видов в СЗТО.

В последние 7 лет произошли значительные изменения пространственного распределения сардины, скумбрии и сайры в СЗТО. Так, начиная с 2014 г. в водах, доступных для российского промысла, стали массово наблюдаться скумбрия и сардина, а с 2015 г. основные скопления сайры сместились к востоку и северу. В 2019 г. промышленный лов сайры осуществлялся впервые восточнее 170° в.д. Этому способствовали изменения динамики вод: более северное распространение вод субтропического происхождения, в том числе с ветвями Курошио и с квазистационарным потоком Исогути, существенное ослабление течения Ойясио, особенности положения южно-курильского антициклонического вихря. Происходящие изменения потребовали новых подходов к оценке благоприятных для формирования промысловых скоплений океанографических условий.

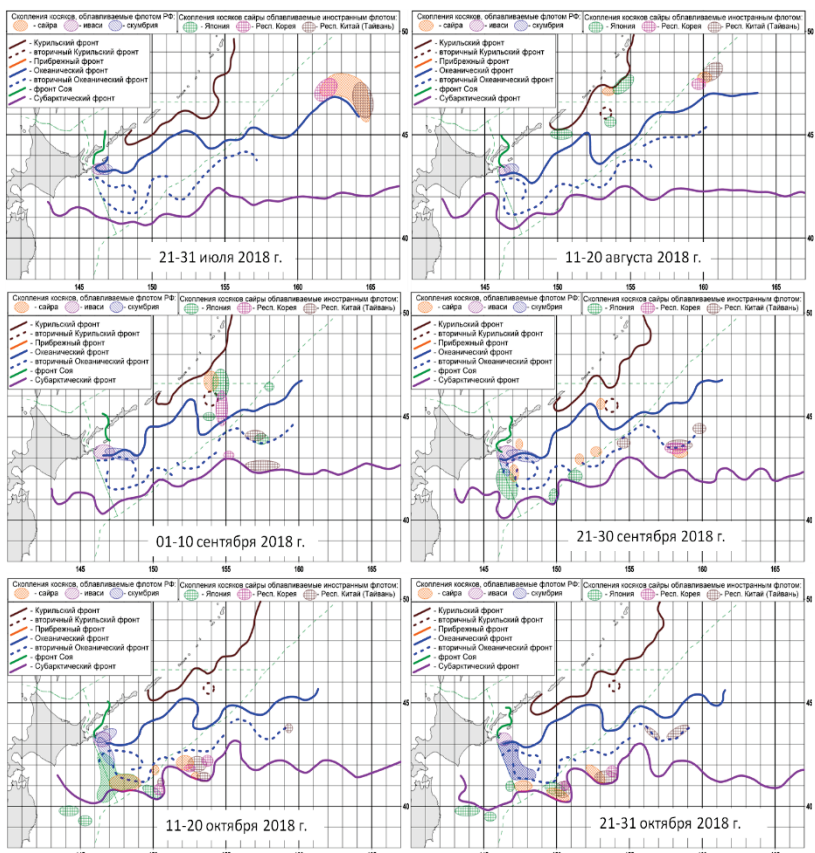


Рис. 1. Распределение поверхностных гидрологических фронтов и промысловых скоплений сайры, скумбрии, сардины-иваси в июле-октябре 2018 г.

Наиболее эффективной формой организации оперативного научно-информационного обеспечения промысла является вариант использования поисковых судов в составе объединенной экспедиции [6]. Однако в современных условиях его реализация из-за отсутствия специализированного научно-поискового флота затруднена. Лишь в отдельные периоды промысловых сезонов есть возможность совместного использования спутниковых данных и данных вертикального зондирования, полученных научными и научно-поисковыми судами *in situ*, как в осенний сезон 2018–2020 гг. (см. для

примера промысловый планшет на рис. 2).

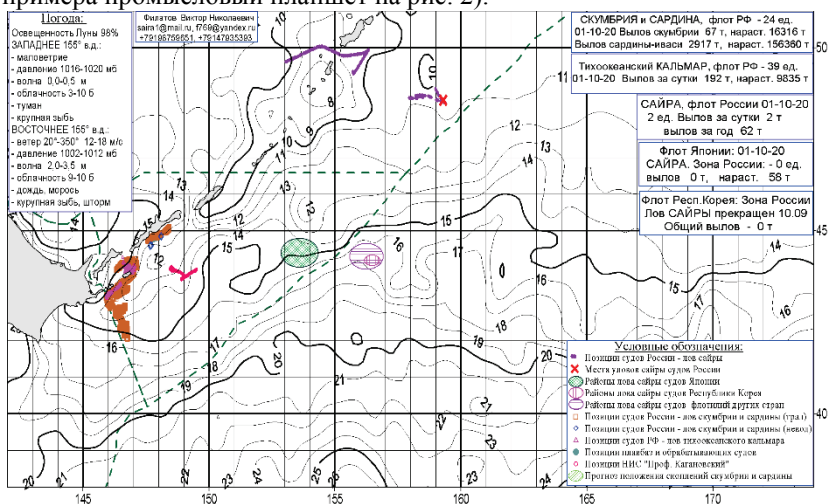


Рис. 2. Промысловый планшет за 2 октября 2020 г.

Без поисковых судов реализуется второй тип использования оперативных океанографических данных, когда основой служат данные дистанционного зондирования и данные о ТПО, получаемые промысловыми судами, оборудованными программно-аппаратным комплексом "ТермоПромПланшет", который с точностью не менее 0,05°C через каждые 30 сек измеряет ТПО. Соответствующая визуализация в режиме реального времени позволяет оперативно обнаруживать перспективные для лова участки фронтальных зон.

Третий вариант как самый неэффективный – отсутствие специализированного научно-информационного обеспечения, что создает много проблем капитанам и руководителям флотилий, главная из которых определение районов промысловых скоплений. Такая ситуация наиболее негативно проявляется на сайровом промысле.

Результаты были получены в рамках выполнения государственного задания ФГБНУ «ВНИРО» № 076-00002-21-00 (раздел 4, тема 6.6).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Новиков Ю.В. Биология сайры (распространение и миграции) // Сайра. - Владивосток: Изд-во ТИНРО, 1961. – С. 5-23.

2. Филатов В.Н. Океанологические и гидробиологические особенности формирования скоплений нагульной сайры в водах Курильских островов // Результаты исследований по прогнозированию промысловой обстановки на Дальнем востоке. – Владивосток: Изд-во ТИНРО, 1989. - С. 5-16.
  3. Мокрин Н.М., Слободской Е.В. Руководство по поиску и промыслу пелагических кальмаров в Японском море и Южно-Курильском районе // Владивосток: ТИНРО-Центр. – 1998. - 61 с.
  4. Мокрин Н.М., Филатов В.Н. Особенности формирования нагульных скоплений тихоокеанского кальмара (*Todarodes pacificus* Steenstrup, 1880) в зоне России Японского моря в летне-осенний период // Известия ТИНРО. - 1999. - Т. 126. - С. 331-342.
  5. Филатов В.Н., Старцев А.В., Устинова Е.И., Еремин Ю.В. Тихоокеанская сайра. Научно-информационное обеспечение промысловой экспедиции – Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2011 – 120 с.
  6. Филатов В.Н. Миграции и формирование скоплений массовых пелагических гидробионтов (на примере тихоокеанской сайры) – Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2015. – 168 с.
- Булатов Н.В., Самко Е.В. Основные черты структуры фронтальных зон северо-западной части Тихого океана // Известия ТИНРО. - 2002. - Т. 130. - С. 12-13.

УДК 656.6

## **МЕТОДИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА ДЛЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОРСКИХ ОПЕРАЦИЙ В СЕВЕРНОМ ЛЕДОВИТОМ ОКЕАНЕ**

**Ставров К.Г.<sup>1</sup>, Степанов В.В.<sup>2</sup>, Павлова Е.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт (АО "ГНИНГИ"), Кожевенная л. ВО, 41, 199106, г. Санкт-Петербург, 8(962)727-18-86; mail@gningi.ru*

<sup>2</sup> *ФГБУ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» (ФГБУ «АНИИ»), ул. Беринга, 38, 199397, г. Санкт-Петербург, 8(812)337-3123, aaricoop@aari.ru*

# METHODOLOGY FOR USING ICE COVER REMOTE SENSING DATA FOR HYDROMETEOROLOGICAL SUPPORT OF MARINE OPERATIONS IN THE ARCTIC OCEAN

Stavrov K. G.<sup>1</sup>, Stepanov V. V.<sup>2</sup>, Pavlova E. A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *State scientific research navigation and hydrographic Institute (JSC «GNINGI»), Kozhevennaya L. VO, 41, 199106, St. Petersburg*

<sup>2</sup> *State Research Center «Arctic and Antarctic Research Institute» (AARI), Bering str., 38, 199397, St. Petersburg, 8(812)337-3123, aaricoop@aari.ru*

В докладе предложен подход к проведению морских операций, нацеленный на сокращение времени принятия решений и улучшение их качества путём использования квазисиноптического анализа спутникового изображения ледяного покрова М. Назирова.

The report proposes an approach to marine operations aimed at reducing decision-making time and improving their quality by using quasi-synoptic analysis of the satellite image of the Nazirov Ice sheet.

Современный подход к проведению морских операций предполагает применение современных знаний и методов, в частности передовых концептуальных положений действий сил и средств в природной среде. К ним можно отнести использование теории Джона Бойда в военной и гражданской сфере [1]. Концепция, разработанная Джоном Бойдом НОРД предполагает многократное повторение петли действий: наблюдение, ориентация, решение, действие, при этом реализуется принцип обратной связи (рис. 1).

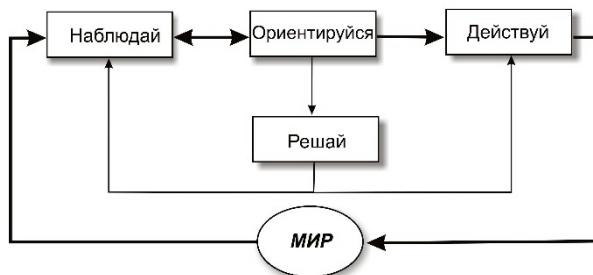


Рис. 1. Концепция теории «НОРД» Джона Бойда

Если рассматривать морскую операцию с точки зрения цикла НОРД, можно выделить два основных способа достижения преимущества. Первый из них заключается в более быстром осуществлении всего цикла действий. Это позволяет действовать быстрее, чем ситуация изменяется. Второй способ состоит в улучшении качества принимаемых решений – необходимо принимать те решения, которые в большей степени соответствуют складывающейся ситуации. На каждом шаге принятия решения необходимо стремиться к постепенному получению качественных и количественных улучшений. Выбор источника информации влияет как на ускорение этапов наблюдения и ориентации, так и на повышение эффективности на этапе принятия решений.

В процессе планирования морской операции решение принимается на основе прогностической информации, в том числе гидрометеорологической, описывающей ситуацию не во время принятия решения, а во время его реализации. Поэтому имеющаяся в период принятия решения информация должна описывать не текущую, а будущую ситуацию, то есть носить упреждающий, прогностический характер.

Решением этой задачи может являться анализ результатов космической съемки на предмет выявления структуры или рисунка нарушений сплошности ледяного покрова (трещин, полыней, разводий) как индикаторов динамических процессов в ледяном покрове.

На основе анализа регулярных космических данных было показано, что наиболее устойчивые черты пространственной структуры ледяного покрова формируются, главным образом, из-за гидро-термодинамического воздействия на лёд водных масс, в силу чего взаимные вклинивания ледяных массивов, отображаемые на космических снимках, могут быть использованы в качестве индикаторов некоторых процессов динамики не только приповерхностных, но и глубинных слоев морских вод [2].

По характеру и взаимному положению трещин, полыней и разводий можно судить о процессах, происходящих в ледяном покрове, кроме того, элементы нарушения сплошности ледяного покрова могут свидетельствовать о процессах, которые возможны в ближайшем будущем. Трещины в сплошном льду могут свидетельствовать о начальных стадиях подвижек льда [2], сжатиях.

В 80-х годах М. Назировым был предложен метод квазисиноптического анализа рисунка изображения ледяного покрова [2]. Суть метода заключается в том, что на изображении ледяного покрова соединяют между собой плавными линиями достаточно четко



прослеживаемые каналы, полыньи и разводья. Эти линии можно экстраполировать по направлению перемещения, ориентируя их преимущественно вдоль длинных осей крупных льдин, и по полученному полю линий с учетом других факторов определяют зоны и причины взаимного вклинивания ледяных полей.

Сокращение времени предоставления информации пользователю достигается обеспечением доступа пользователей к имеющейся ледовой и гидрометеорологической информации в реальном масштабе времени. Использование метеорологических и ресурсных искусственных спутников Земли позволяет проводить непосредственные наблюдения процессов синоптического масштаба в океане и атмосфере. Данный факт означает, что характеристики процессов масштаба 1000 (1500) – 10000 км и периода до 3-5 суток перешли из разряда расчётных в разряд наблюдаемых [3]. На рис. 2 показана схема этапов морских операций при использовании хронокартографического метода.

Основные положения рассматриваемой методики апробированы при гидрометеорологическом обеспечении экспедиционных работ в Центральной Арктике [4].

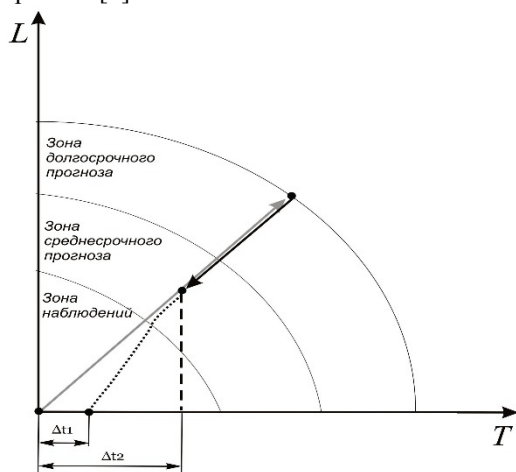


Рис. 2. Схема этапов морских операций при использовании хронокартографического метода

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ивлев А.А. Основы теории Бойда. Направления развития, применения и реализации. Москва, 2008 г. [электронный ресурс]

[http://pentagonus.ru/\\_ld/0/23\\_KES.pdf](http://pentagonus.ru/_ld/0/23_KES.pdf)].

2. Назиров М. Льды и взвеси как гидротермодинамические трассеры по данным космических многозональных съемок/Под редакцией чл.-кор. АН СССР В. В. Богородского Л.: Гидрометеиздат 1982. 161 с.

3. Степанов В.В. Очерки спутниковой синоптической метеорологии. СПб.:Издательство ЛЕМА. 2011. 192 с.

4. Костенич А.В., Пирогова Е.А., Ставров К.Г., Усольцева Е.А. Результаты гидрологических исследований в экспедициях по программе «Определение и обоснование внешней границы континентального шельфа Российской Федерации в Северном Ледовитом океане» в 2010-2011 годах // Тезисы докладов Всемирной морской технологической конференции, 29 мая – 1 июня 2012, Санкт-Петербург, Россия. СПбГМТУ, НТОС им. акад. А.Н. Крылова, 2012.

УДК 634.67

## **СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ОКЕАНА**

**Дроздов А. Е., Ковчин И. С.**

*Научно-производственное объединение «Аквастандарт»,  
Санкт-Петербург, ул. Беринга, д. 38, +7(812)303-70-01,  
morskoi-centr@mail.ru*

## **OPERATIONAL MONITORING SYSTEM FOR OCEAN HYDROPHYSICAL FIELDS**

**Drozдов A. E., Kovchin I. S.**

*NPO «Akvastandart», St.Petersburg, Beringa 38*

Приводится описание системы оперативного получения информации о гидрофизических полях океана, основу которой составляют буи-дрифтеры со спутниковой связью, через который передаются результаты измерений и поступают команды на их выполнение. Измерительную аппаратуру буев составляют акустические доплеровские профилографы течения и STD-зонды.

A description of the system of on-line acquisition of information about the hydrophysical fields of the ocean is given, which is based on buoy-drifters with satellite communication, from where the measurement results are transmitted and commands are sent to perform measurements. The instrumentation of the buoys consists of acoustic Doppler flow profilers and CTD probes.

Организация оперативного мониторинга гидрофизических полей океана представляется в настоящее время исключительно важной задачей современной практической океанологии. Такой мониторинг необходим для решения широкого круга задач, связанных с ведением хозяйственной и военной деятельностью на море.

Анализ зарубежного опыта[1], показывает, что принятая за рубежом система примерно аналогичного назначения ARGO служит для режимного мониторинга макро и мезомасштабной изменчивости океана. Однако эта система получения информации о гидрофизических полях океана не может эффективно использоваться в оперативных целях в режиме реального времени. Для решения указанной задачи предлагается использовать буи-дрифтеры, оснащенные акустическими, доплеровскими профилографами течения и CTD-зондами. Информация с буев-дрифтеров в точке их расположения о вертикальном профиле течения и CTD-параметрах морской среды поступает по спутниковому каналу связи в центр сбора данных. В центре сбора информация обрабатывается, а также представляется непосредственно потребителю.

В рамках предлагаемой системы оперативного мониторинга гидрофизических полей океана предусматривается обратная связь через спутник из центра сбора данных на буи-дрифтеры для подачи команд на начало измерений и зондирования океана (рис. 1).

Технология применения предложенной системы включает в себя размещение буев-дрифтеров в заданном районе Мирового океана, представляющем оперативный интерес. После завершения операции постановки буй-дрифтер начинает дрейфовать по поверхности воды под действием течений, волнения и ветра. В процессе перемещения буя по команде, поступающей из центра, производится измерение профиля течения и одновременно осуществляется вертикальное CTD-зондирование морской среды. Для получения данных о профиле течения используется акустический доплеровский профилограф течения, непосредственно встроенный в несущую конструкцию буя.

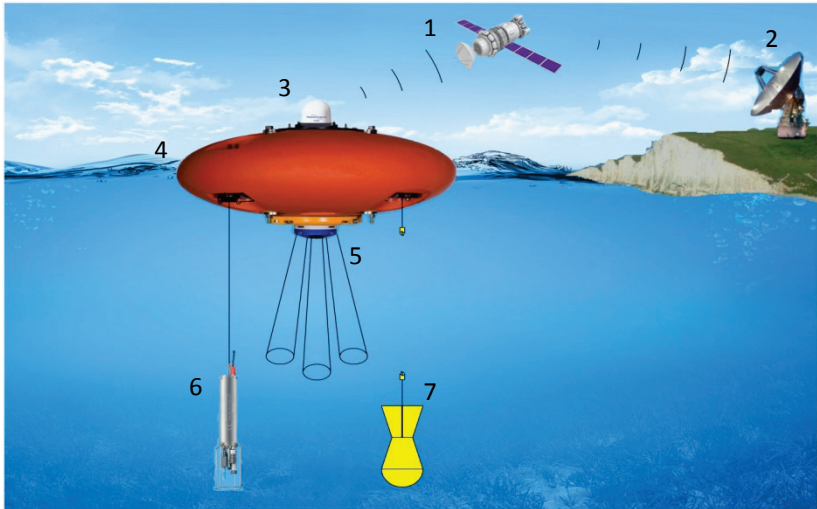


Рис. 1. Система оперативного мониторинга гидрофизических полей океана: 1. ИСЗ-связи; 2. Береговой центр сбора данных; 3. Спутниковый передатчик; 4. Буй; 5. ADCP; 6. STD зонд; 7. Обрывной гидрологический зонд.

Профилограф снабжается четырьмя ориентированными под воду антеннами, формирующими узконаправленные импульсные сигналы на частоте 600 кГц. Доплеровский сдвиг отраженного на разных горизонтах сигнала относительно излученного характеризует собой скорость перемещения воды в выделенных зонах. Согласно известному принципу работы такого прибора после обработки этих сигналов с учетом данных об ориентации антенн в пространстве и в системе географических координат определяется скорость и направления течения на заданных горизонтах – профилях. Сведения об ориентации прибора определяют по показаниям инклинометров, расположенных на бую-дрифтере, а о географических координатах - от GPS-системы. Предполагается, что в этом случае может быть обеспечена погрешность измерения величины скорости в пределах  $\pm 10\%$ , а направления -  $\pm 10$  град. на глубинах до 600м.

Для выполнения профилирования возможно применение двух схем работы зондов. Первая схема предполагает кассетный принцип использования одноразовых обрывных гидрологических зондов. Вторая

основывается на лебедочной работе с одним многоразовым СТД-зондом.

Схема работы одноразового гидрологического зонда, показанная на рис. 1, выглядит следующим образом:

- выброс по команде очередного зонда из кассеты, расположенной на бую-дрифтере в воду;

- быстрое, до 5 м/с, движение зонда от поверхности воды в глубину с одновременным разматыванием микрокабеля и измерением гидрофизических параметров по вертикальному профилю. Измеряемые параметры от данного зонда в режиме реального времени передаются по микрокабелю на буй. Предполагается, что такие зонды будут крайне просты в изготовлении и использовании. Они смогут измерять температуру и скорость звука в воде с характеристиками, приведенными в таблице 1.

Примерно такой же алгоритм работы предполагает лебедочная схема СТД зондирования. Её отличие заключается в том, что в этом случае профилирование осуществляется с помощью многоразового зонда, опускаемого и поднимаемого с использованием кабель-тросовой лебёдки, размещённой на бую. Данные зондирования передаются на буй, а затем по каналу спутниковой связи в береговой центр сбора информации. При этом перечень измеряемых параметров по сравнению с одноразовым зондом может быть расширен и включать в себя электрическую проводимость морской воды.

В общем виде требования к метрологическим характеристикам описанных измерительных средств, образующих оперативную наблюдательную сеть определены в работе [2]. Далее с учетом технологических возможностей российских производителей в действующей нормативной метрологической базе эти требования уточнены и конкретизированы в [3]. Однако, учитывая фактический круг решаемых системой задач, метрологические требования к ней можно свести к указанным в таблице 1.

Подробный сравнительный технологический, метрологический и экономический анализ [2,3] показывает, что для одноразовых СТД-зондов целесообразно использовать полупроводниковые терморезисторы или термисторы, а для многоразовых- из медной проволоки в сочетании со средствами встроенной обработки на базе Мемс-технологии и микро-Чипов. Здесь в измерительных каналах электрической проводимости многоразовых зондов нашли своё применение индуктивные датчики, а в одноразовых - представляется возможным использовать простейшие конструкции двух электродных кондуктометрических датчиков.

Таблица 1. Требования к метрологическим характеристикам измерительных каналов СТД-зондов:

№ п/п	Наименование измеряемой характеристики и единица измерений	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности при P=0,95	
			обрывной зонд	многораз. зонд
1	Температура морской воды, °С	от -2,5 до 35	±0,1	±0,03
2	Электрическая проводимость, отн. ед.	от 0 до 1,6	-	±0,0015
3	Скорость звука в воде, м/с	от 1402 до 1560	±1	±0,5
4	Гидростатическое давление, МПа	от 0 до 20	±0,05	±0,01

Успешную конкуренцию каналам измерения электрической проводимости для получения информации о солености и плотности в одноразовых зондах могут составить датчики скорости звука. Такое техническое решение позволяет непосредственно от первичного преобразователя получать информацию о гидрофизических полях распространения скорости акустических сигналов, которые являются приоритетными для прикладных задач оперативной океанологии.

Для измерения гидростатического давления в океанологических приборах почти повсеместно нашли применение датчики тензометрического типа, изготавливаемые на основе полупроводниковых мостовых схем, способные обеспечить необходимые погрешности 0,05%.

В настоящее время ряде предприятий и учреждений России ведётся работа по созданию образцов такой техники. В частности, в НПО «Аквастандарт» ведутся экспериментальные проверки принятых технических решений в областях измерительной техники, систем связи, и обработки информации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Зеньков А.Ф., Мاستрюков С.И. Состояние и тенденции развития систем оперативной океанологии в ВМС зарубежных стран // Навигация и гидрография. – 2016. - №45. – С. 69-76.
2. Дроздов А.Е, Жильцов Н.Н, Свиридов В.П. Автономные комплексы контактных измерений океанографических параметров для решения задач оперативной океанологии// Навигация и океанография. – 2018. - №54 .
3. Дроздов А.Е, Ковчин И.С., Севбо В.Ю. Перспективы создания отечественных технических средств оперативной океанологии// Современные методы и средства океанологических исследований: Материалы XVI международной научно-технической конференции конференции МСОИ-2019. М., 2019. Т. 2- 2019, С. 37-41

УДК 504.556

### **МЕЖДИСЦИПЛИНАРНАЯ ПРИРОДА ПРИЛОЖЕНИЙ В ОПЕРАТИВНОЙ ОКЕАНОГРАФИИ**

**Коваленко В.В.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Нахимовский пр., 36,  
117997, г. Москва, 8(499)124-13-01, hydrophys@mail.ru*

### **INTERDISCIPLINARY ORIGIN OF APPLICATIONS IN OPERATIONAL OCEANOGRAPHY**

**Kovalenko V.V.**

*Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, 36,  
Nakhimovskii prospect, Moscow, 117997*

Рассмотрена связь инструментария оперативной океанологии с рядом прикладных задач. Среди задач уделено внимание акустическому подводному наблюдению, оптическим инструментам и моделям, биохимическим процессам и моделям.

Interconnection between operational oceanography instrumentation and several applied tasks is considered. Among different tasks significant attention on acoustic underwater surveillance, optical remote sensing

instruments and biochemical processes and models is devoted.

Ранее нами рассматривалась связь прикладной задачи акустического подводного наблюдения (ПН) с оценками состояния океанической среды [1]. Результатом этой работы были представления об объединении инструментария оперативной океанографии, направленного на получение текущих и прогнозных оценок состояния среды и конкретного приложения, а именно, акустического ПН в виде сквозной технологии. В рамках такой технологии предполагалось, что свойства изменчивой по пространству и во времени среды определяют структуру акустических полей в пространстве и во времени и влияют на выходные показатели систем подводного наблюдения. Однако очевидно, что аналогичные представления могут быть сформированы по отношению к другим гидрофизическим, геофизическим и биохимическим полям океана. Более того, очевидно наличие взаимосвязи между различными полями природного и антропогенного происхождения [3,4] в рамках представлений об океане, как единой системе. Содержание настоящей работы дополняет [1].

Довольно полное представление о составе систем оперативной океанографии с элементами настройки моделей и наблюдательной сети было приведено в [2]. В общем виде эти системы представляются состоящими из трех крупных частей. Это: 1) наблюдательная сеть, функцией которой является получение натуральных данных о состоянии океанической среды и о связанном с этим состоянием атмосферном форсинге, 2) физическая модель, описывающая изменчивость океанической среды и атмосферы в пространстве и времени и 3) механизм подгонки натуральных данных и модели, называемый ассимиляцией данных в моделях. Таким образом, **входом** в систему являются наборы или поля измеренных данных и данных о воздействующих факторах. **Выходом** системы являются поля океанических характеристик, информация о которых востребована приложениями.

На рисунке 1 представлен пример комплексной междисциплинарной системы (HOPS). В соответствии с этими представлениями физические динамические модели связаны с акустическими моделями, с моделями изменчивости оптических свойств океанической среды, с динамическими моделями экосистем и с внешними факторами в виде атмосферного форсинга. Учитываются существенные внутренние связи. Акустические модели (модели распространения звука в море) связываются с изменчивостью физических свойств окружающей среды.



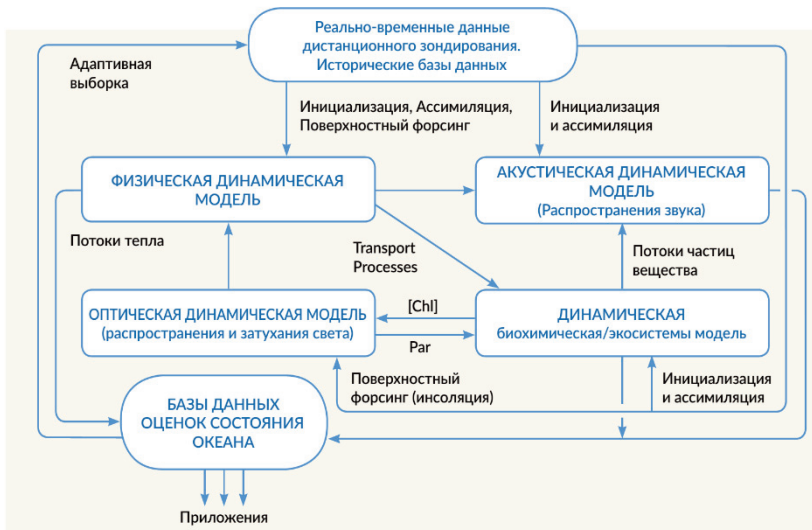


Рис. 1 Схема системы оперативной океанографии, связывающая в рамках междисциплинарного представления физическую динамическую модель океанической среды с моделями сопряженного дисциплинарного содержания (акустика, оптика, биохимия, транспорт вещества) [3].

Оптические модели связываются с биохимическими моделями и транспортом вещества. Они описывают рассеивающие и поглощающие свойства света, вызванные взвешенным в водной среде веществом минерального или биологического происхождения. Распределение вещества связано с разномасштабной динамикой водных масс, включая течения и внутренние волны. Используемый инструмент дистанционного оптического (лазерного) зондирования оказывается, таким образом, чувствительным к составу и концентрациям взвешенного вещества и к динамическим физическим процессам типа внутренних волн. Указанные, влияющие на оптику процессы связываются также с акустикой (рассеивающие свойства) и непосредственно с физическими моделями (через транспорт вещества). В настоящее время система взаимосвязанных моделей является эксплуатируемым в мире продуктом, как в интересах приложений, так и для развития фундаментальных знаний. В соответствии с приведенным выше определением систем оперативной океанографии их основным

назначением является решение конечных прикладных задач. Это принципиально важное обстоятельство. В приложениях данные о морской среде не должны рассматриваться в качестве конечного продукта. Представленная на рисунке 1 схема указывает на то, что на пути к решению конечных задач мы должны объединить модели изменчивости физических свойств океанической среды, модели эксплуатируемых приложениями полей, и модели, описывающие прикладную предметную область. Такими конечными прикладными моделями могут быть модели экосистем, модели распространения загрязнений, возникновения опасных явлений, модели акустического и неакустического подводного наблюдения. Особо отметим перспективы создания на этой основе комплексных систем подводного наблюдения.

Тракт наблюдения, включая предусмотренную в нем обработку данных и положение наблюдателя в пространстве, будет иметь показатели, зависящие от состояния среды. Их можно оптимизировать, но для этого необходимо знать состояние среды. Но истинного состояния океанической среды мы не знаем. Измерения в локальных точках не дают представления о пространственной изменчивости среды. Редкие измерения не дают представления о ее временной изменчивости. Принципиально важно, чтобы указанное описание происходило не в локальной области (в точке), а служило бы гео-пространственной характеристикой больших по размерам акваторий. Подобно [1], обширная акватория должна представляться дискретным набором парциальных ячеек. Расчеты полей выполняются вдоль набора радиальных азимутальных направлений из центров каждой из указанных ячеек. Оценки пространственно-временной изменчивости состояния океанической среды в представляющих интерес районах океана призвана дать система оперативной океанографии. Здесь возникает один из ключевых вопросов о качестве предоставляемых СОО оценок применительно к конкретной задаче. Несоответствие оценок СОО истинному состоянию среды часто называют неопределенностью, которая имеет количественное выражение, как правило, в виде статистических показателей расхождения (невязки) оценочных и истинных значений [3]. Важно отметить, что эти показатели изменяются в пространстве и времени, а 3D - пространственная изменчивость неопределенности представляется полями этих величин.

Работа выполнена в рамках государственного задания для ИО РАН (тема №0128-2021-0010) при поддержке РФФИ (проекты №20-05-00384 «А» и № 18-05-66070 «Арктика»).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коваленко, В.В. Приложения систем оперативной океанографии в подводной акустике // МСОИ-2019 Материалы XVI н/т конференции, том 2.- М.: ИД Академии Жуковского, 2019 с. 13-17
2. Коваленко В.В., Зенин В.М., Телегин В.А., Хилько А.И. Проблемы оперативной океанографии прибрежных районов // Морские информационно-управляющие системы. – М.: АО «Концерн «Моринсис-Агат», 2018. – № 1 (13). – С. 28–35.
3. P.F.J. Lermusiaux, P.J. Haley et. al. Harvard Research and Plans: Adaptive Sampling and Prediction. Электронный ресурс: <http://www.deas.harvard.edu/~pierrel>
4. Robert H. Stavn Ocean Optical Modeling: The Complex Optical Field Structure and Dynamics of Coastal Waters // University of North Carolina, Department of Biology, Greensboro, NC, 27412, 1998

УДК 534.6.08

### **ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПИНГЕРОВ ДЛЯ ПРЕЦИЗИОННОГО ОТБОРА ПРОБ ПРИДОННОЙ ВОДЫ В РАЙОНАХ ЗАХОРОНЕНИЙ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В АРКТИКЕ.**

**Тихонова Н.Ф., Носов А.В.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН 117997, Москва,  
Нахимовский проспект, д. 36 nnaft@mail.ru*

**POSSIBILITIES OF USING PINGERS FOR PRECISION SAMPLING OF  
BOTTOM WATER IN AREAS OF RADIOACTIVE WASTE DEPOSITS IN  
THE ARCTIC.**

**Tikhonova N.F., Nosov A.V.**

*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Science  
36, Nahimovskiy prospect, Moscow, Russia, 117997*

Наличие прямого сигнала, который всегда можно зафиксировать на поверхности позволяет использовать пингер как источник сигнала для

систем акустической навигации и определять точное географическое расположение пингера и, следовательно, самой точки измерения или пробоотбора.

The presence of a direct signal, which can always be fixed on the surface, allows the pinger to be used as a signal source for acoustic navigation systems and to determine the exact geographic location of the pinger and, therefore, the point of measurement or sampling itself.

Закономерности характеристик захоронений радиоактивных отходов со степенью их влияния на состояние экосистем Карского моря выявляются и изучаются в процессе научно-исследовательских рейсов, организованных Институтом океанологии РАН при поддержке фонда РФФИ. Возможность оперативного контроля положения глубоководных научных приборов относительно дна, вызвана необходимостью взятия проб грунта и воды непосредственно вблизи с местом захоронения. В области океанологии пингеры являются традиционным прибором, предназначенным для точного и безопасного погружения различных типов приборов к дну изучаемого объекта. Преимуществом пингера перед другим оборудованием, типа альтиметров или датчиков давления, является то обстоятельство, что он позволяет оценить именно отстояние погружаемого прибора от поверхности раздела вода-грунт, причем без использования информационной линии связи между прибором и судном носителем. Действие пингера основано на оценке задержки между прямым сигналом, прямо приходящим от прибора к приемнику, и отраженным от дна. Опыт использования пингеров показывает, что прямой сигнал всегда можно зафиксировать на поверхности, даже при глубине места порядка 5 000 метров. Это обстоятельство позволяет использовать пингер не только для оценки отстояния контролируемого прибора от дна, но также как источник сигнала для систем акустической навигации и определять точное географическое расположение пингера и, следовательно, самой точки измерения или пробоотбора.

Системы акустической навигации традиционно делятся на три типа – с длинной, короткой и ультракороткой базами. Методика с длинной базой использует измерение задержек между приемниками навигационной системы и расположенными на дне заранее откалиброванными маяками ответчиками. Калибровка маяков подразумевает предварительное определение их географических координат. Использование длинной базы обеспечивает высокую точность вне зависимости от дистанции до маяков, однако требует значительных затрат судового времени для проведения их расстановки

и калибровки, в ходе которой судно должно произвести определенные маневры над местом проведения работ, сопровождаемые измерением расстояния до приемопередатчиков с регистрацией географических координат расположения судна в моменты зондирования. Метод короткой базы подразумевает многоканальный прием сигналов, разнесенных на возможно большее расстояние в пределах корпуса судна либо закрепленных на нем конструкций. Измерение положения маяка основывается на том же принципе, что и в методе длинной базы, однако помимо регистрации географических координат судна требуется также фиксация ориентации корпуса судна относительно сторон света и его наклоны в двух направлениях. К тому же организация двух точек измерения, разнесенных вдоль корпуса судна – задача относительно простая, а формирование третьей точки измерения для обеспечения двумерной измерительной базы есть сложная инженерная проблема.

Оптимальной методикой пространственного определения расположения прибора в толще воды под судном представляется акустическая навигационная система с ультракороткой базой. Принцип действия такой системы – измерение дальности до пингера путем оценки времени распространения звука и определение направления прихода акустической волны по фазовым характеристикам регистрируемого поля. Система для работы в режиме УКБ компактна, не требует специального дооборудования судна и может быть погружена с борта и быстро приведена в состояние готовности к измерениям без дополнительных затрат судового времени. Единственной сложностью является синхронизация навигационной системы и оборудования для работы с пингером, что является вполне рутинной задачей для квалифицированных пользователей.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (тема № 0128-2021-0010), а также при поддержке РФФИ (проект № 18-05-60070 «Арктика», проект № 20-05-00384)

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Демидова Т.А., Носов А.В., Тихонова Н.Ф. Цифровая система пингерного контроля глубоководных приборов. // Сборник трудов XIII Международной конференции МСОИ-2013. (Современные методы и средства океанологических исследований): Том I, Институт океанологии РАН – Москва, 2013. – С. 158-162.
2. Носов А.В., Демидова Т.А., Тихонова Н.Ф., Юрицын В.В. Развитие аппаратуры для обслуживания пингеров. // Сборник трудов XIII Международной конференции МСОИ-2013. (Современные методы

и средства океанологических исследований): Том I, Институт океанологии РАН – Москва, 2013. – С. 162-166.

3. Носов А.В., Демидова Т.А., Тихонова Н.Ф. О повышении эффективности использования пингера. МСОИ 2015, том 2, сс 215-217.

4. А.В. Носов, Н.Ф. Тихонова. Сравнительный анализ различных способов увеличения продолжительности работы пингеров без подзарядки. Электронный журнал «Океанологические исследования». ТОМ 45 № 2 с. 47-52. DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2018.46(2).5

УДК: 55.1/9:550.3:551.1/4:910.1/4:911.6:004.71

### **СЕЙСМОГРУППА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ОНЛАЙН РЕЖИМЕ ВДОЛЬ МАРШРУТА ДРЕЙФА ПЛАТФОРМЫ «СЕВЕРНЫЙ ПОЛЮС»**

**Рогинский К.А., Ганжа О.Ю., Крылов А.А.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН  
Нахимовский пр., 36, 117997, г. Москва, 8(903)528-80-36,  
roginskiy@list.ru*

**SEISMIC GROUP FOR REGISTERING EARTHQUAKES IN ONLINE  
MODE ALONG THE DRIFT ROUTE «NORTH POLE» PLATFORM**

**Roginskiy K.A., Ganzha O.Y., Krylov A.A.**

*Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences,  
36, Nakhimovsky prosp., Moscow, 117997*

Создание и ввод в эксплуатацию ледовой платформы «Северный Полюс» дает возможность начать долговременные наблюдения за слабыми землетрясениями в Северном Ледовитом океане. Сформирован комплекс технических средств, позволяющих создать на ледовом поле малоапертурную группу сейсмологических станций ведущую регистрацию событий в онлайн режиме. Аппаратура сконструирована с учетом низких температур Севера.

The creation and commissioning of the «North Pole» ice platform makes it possible to begin long-term observations of weak earthquakes in the Arctic Ocean. A set of technical means has been developed to create a small-

aperture group of seismological stations on the ice field that can record events online. The equipment is designed taking into account the low temperatures of the North.

Арктика является одним из ключевых регионов Земли, влияющим на глобальные процессы во всех геосферах. Это обуславливает большой научный интерес к сложной геодинамике Арктического региона. Актуальность и значимость изучения сейсмичности и глубинного строения литосферы Арктики определяется не только научными задачами, но и задачами безопасности при активном освоении Севера.

Особенности сейсмичности и глубинного строения литосферы обширного арктического региона изучены довольно скудно. В основном доступны данные о достаточно сильных землетрясениях, зарегистрированных на удаленных наземных станциях. Глубинное строение литосферы изучалось по данным немногочисленных активных сейсмических работ в регионе [1].

Создан базовый набор комплекса технических средств, который обеспечивает создание малоапертурной группы ледовых сейсмостанций, работающих в онлайн режиме, для регистрации локальных и удаленных землетрясений, а также сейсмических шумов. Набор состоит из ледовой автономной сейсмостанции в контейнере, аккумуляторной батареи, системы беспроводной связи. Возможно подсоединение дополнительного оборудования по ЛАН Ethernet.

Ледовая сейсмостанция оснащена трехкомпонентным сейсмоприемником, низкочастотным гидрофоном, который на длинном кабеле опускается в лунку во льду, 4-канальным регистратором, антенной GPS для синхронизации времени и определения текущих координат, модемом и антенной для передачи данных по Wi-Fi на судно, а также блоком дополнительных датчиков (температура в корпусе, электронный компас, наклономер) для удаленного контроля состояния станции. Дальность беспроводной связи 5 километров.

Ледовая сейсмостанция размещается в нержавеющей герметичном цилиндрическом контейнере. Контейнер устанавливается в лунку, сделанную буром 300мм. Размещение станции во льду обеспечивает температурный режим не ниже -30 градусов Цельсия [2]. Станция обеспечивается питанием 12В от литий титанатной аккумуляторной батареи емкостью 180АЧ, прикопанной на поверхности льда. АКБ сохраняет свои свойства до -50 градусов и обеспечивает работоспособность сейсмостанции в течении 50-ти суток [3]. Регулярная автоматическая синхронизация и локализация с помощью

сигналов GPS, а также регулярная удаленная передача данных на судно будет обеспечиваться мачтой с соответствующими антеннами, устанавливаемых на растяжках.

Минимальный комплект малоапертурной группы состоит из четырех сейсмостанций. Такое количество необходимо для успешной локализации землетрясений и уменьшения уровня шумов.

Кроме передачи данных по Wi-Fi зарегистрированные данные будут храниться на флеш-карте. Это позволяет при необходимости осуществлять дополнительный способ съема информации непосредственным обходом сейсмической сети.

Данные, регистрируемые на ледовых сейсмостанциях, будут передаваться на центральный компьютер, расположенный на платформе СП. Операторы будут заниматься не только камеральной обработкой текущих записей, но и следить за показаниями дополнительных датчиков сейсмостанций (температура, наклон, азимут, напряжение АКБ) и при необходимости выезжать на место для устранения критических ситуаций.

Ввод в строй плавучей платформы «Северный Полюс» позволит регулярно мониторить локальные землетрясения расположение которых дадут новую информацию о глубинном строении Арктики [4]. Большое количество сейсмических событий позволит построить глубинную модель Земной коры методами пассивной томографии [5,6].

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (тема № 0128-2021-0011).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Schlindwein, V., Müller, C. and Jokat, W., 2007. Microseismicity of the ultraslow-spreading Gakkel ridge, Arctic Ocean: a pilot study // *Geophysical Journal International*. – 2007. – №169(1). – P. 100-112.
2. Писарев С.В. Современные дрейфующие роботизированные устройства для контактных измерений физических характеристик арктического бассейна // *Океанологические исследования*. – 2019. – Т. 47. – № 4. – С. 5–31.
3. <http://f-o-r.ru/lto/30ah>
4. Милавин С.А. Арктическое направление в проектах КБ "Вымпел" // *Морской вестник*. – 2020. – № S1(14) – С. 50-53.
5. Corela, C., Silveira, G., Matias, L., Schimmel, M., & Geissler, W. H. Ambient seismic noise tomography of SW Iberia integrating seafloor- and land-based data // *Tectonophysics* – 2017. – 700-70. – P. 131–149.
6. Luckett R., Baptie B. Local earthquake tomography of Scotland // *Geophys. J. Int.* – 2015. – 200. – P. 1538–1554.



## **РАЗРАБОТКА JANUS-СОВМЕСТИМОГО ПРОТОКОЛА ДЛЯ ПРОГРАММНО-ОПРЕДЕЛЯЕМОГО ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО МОДЕМА**

**Липавский А.С., Кочетов О.Ю.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,  
Нахимовский пр., 36, 117997, г. Москва, 8(499)124-13-01,  
lipavskiy@physics.msu.ru*

### **DEVELOPING A JANUS COMPATIBLE PROTOCOL FOR SOFTWARE DEFINED HYDROACOUSTIC MODEM**

Lipavsky A.S., Kochetov O.Yu.

*Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, 36,  
Nakhimovskii prospect, Moscow, 117997*

Описываются особенности протокола JANUS и объясняется причина его выбора для реализации. Приведены авторские идеи схем демодуляции и некоторые результаты тестирования разработанного программного обеспечения.

The JANUS protocol features are described and the reason for choosing it for implementation is explained. The authors' ideas on demodulation schemes and some test results of the developed software are presented.

Для беспроводной связи под водой на значительных расстояниях могут использоваться только акустические волны. Чтобы передавать информацию с их помощью, нужно преобразовать её в физический сигнал, удобный для излучения и приёма под водой. Для этого используются гидроакустические модемы, которые создают из потока данных акустическую волну по определенным правилам – протоколу. Обычно протокол создается под конкретную задачу и реализуется аппаратно, однако в некоторых случаях, например, в исследовательских работах, от модема требуется большая универсальность и возможность подстраиваться под изменчивые условия. Для этих целей используются программно-определяемые модемы (software defined modems), в которых возможно изменять протокол во время работы.

Множество производителей гидроакустических модемов по всему миру используют собственные, иногда закрытые протоколы, что приводит к невозможности общения между модемами разных семейств. Перспективным решением этой проблемы является поддержка гидроакустическими устройствами связи унифицированного общего открытого протокола для установления первичного контакта и согласования дальнейшего обмена данными. Одним из предлагаемых на эту роль, является протокол JANUS. Его отличает высокая надежность и простота, которые компенсируют относительно низкую скорость передачи данных.

Данный протокол подразумевает разделение передаваемой информации на блоки строго определенного формата, т.н. фреймы. В каждом фрейме присутствуют обязательные поля, такие, например, как код классификации устройства, код государства, определение периодичности передач и т.п., а также поле переменной длины для пользовательских данных. Благодаря такой структуре, даже при получении только одного фрейма протокола Janus можно составить общее представление об устройстве, которое его отправило, и получить все необходимые параметры для установления связи.

Синхронизация фреймов обеспечивается обязательной унифицированной преамбулой, представляющей собой M-последовательность длиной 31 бит. Для повышения помехоустойчивости и проверки целостности данных используется сверточное кодирование исходного потока битов и контрольная сумма (CRC8).

Janus основан на простой частотной модуляции. Для уменьшения влияния межсимвольной интерференции и помех в канале передачи данных, применяется псевдослучайное изменение частоты каждого последующего бита (FH-FSK). Для этого в протоколе определены 13 полос – слотов, разделенных на две части, соответствующих значению бита (0 или 1). В результате такой модуляции битовой последовательности получается физический сигнал – синусоида с меняющейся скачками частотой. Длительность отрезков синусоиды с постоянной частотой определяется шириной общего частного диапазона, который задается пользователем.

Модуляция Janus – в данном случае преобразование потока данных в физический сигнал, детально определена в спецификации протокола [1, 2], но демодуляция – то есть получение передаваемых битов из записанного звука никак не регламентируется. Тут возникает задача выбора оптимальной схемы детектирования битов, а в перспективе – создание алгоритма компенсации искажения сигнала при

его прохождении через акустический канал.

Для решения задачи детектирования частотно-манипулированного сигнала хорошо подходят некогерентные методы [3], а именно: детектор, использующий полосовую фильтрацию и огибающую; квадратурный приемник. Так как длительность модулированных битов известна заранее, а частота слота (частотной полосы) определяется по заданному алгоритму, остается только определить, в какой из двух частей слота находится сигнал («верхняя» половина соответствует 1, а «нижняя» – 0).

Первый детектор подразумевает расчет спектра и его огибающей и сравнение интегралов спектральной плотности мощности в половинах слота. Данный метод имеет несколько недостатков: во-первых, программный расчет спектра с помощью быстрого преобразования Фурье – вычислительно сложная процедура; во-вторых, этот метод чувствителен к частоте дискретизации сигнала, потому что шаг по частоте в спектре должен быть значительно меньше ширины частотной полосы – слота.

Во втором методе (Рис. 1) сигнал как бы проходит по двум ветвям, соответствующим двум центральным частотам половинок слотов ( $\omega_1$  и  $\omega_2$ ). Каждая ветвь делится на квадратурный и синфазный канал: в первом входной сигнал умножается на отрезок синусоиды, а во втором – косинусоиды – на частоте данной ветви. Результат умножения из каждого канала возводится в квадрат и суммируется для сравнения уровня энергии в двух ветвях. Такой детектор требует более простых операций и менее требователен к частоте дискретизации. Псевдослучайная преамбула, передающаяся в начале каждого фрейма, определяется с помощью корреляционной функции, дающей узкий максимум. По расположению этого максимума можно с достаточной точностью произвести синхронизацию на начало фрейма.

В результате проделанной работы было разработано программное обеспечение для гидроакустических модемов, осуществляющих связь по протоколу Japus. Были проведены пробные эксперименты по передаче данных с помощью модемов фирмы EvoLogics на воздухе в лаборатории и в бассейне ИО РАН, а также натурный опыт на Клязьминском водохранилище в Подмосковье (Рис.2). Во всех случаях удалось передать данные и произвести синхронизацию посылок.

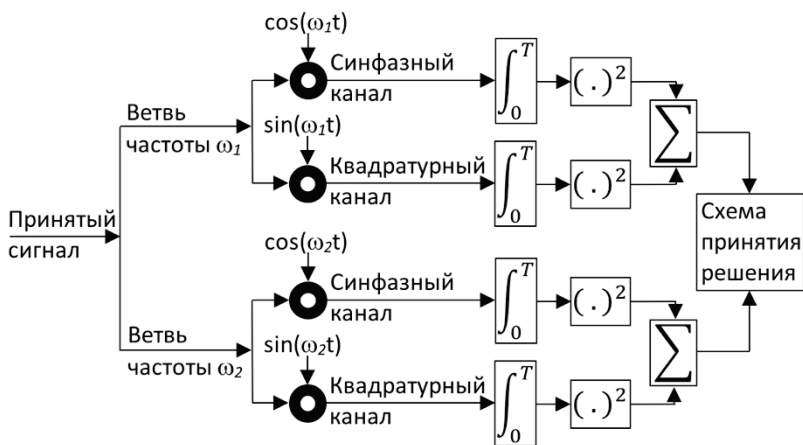


Рис. 1. Блок-схема квадратурного приемника.



Рис. 2. Общий вид размещения гидроакустических модемов у пирса.

Во время работ на водохранилище модемы устанавливались на глубину 1 м, на расстояниях от 1 м до 88 м, глубина водоема в этом

месте составляет 1,6 – 2 м. Даже на самом большом удалении получилось детектировать посылку и произвести синхронизацию, что говорит в пользу устойчивости и надежности протокола, ведь в таких мелководных условиях акустический сигнал сильно искажается из-за многочисленных отражений от поверхностей воды и дна.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (тема 0128-2021-0010).

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Janus wiki. [Online]. Available: <http://www.januswiki.org>
2. J. Potter, J. Alves, D. Green, G. Zappa, I. Nissen and K. McCoy, "The JANUS underwater communications standard," 2014 Underwater Communications and Networking (UComms), Sestri Levante, Italy, 2014, pp. 1-4, doi: 10.1109/UComms.2014.7017134.
3. Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е, испр.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2003. – 1104 с. : ил. – Парал. Тит. Англ.

УДК 551.468:556.08

### **АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПОДЛЕДНЫЙ ПРОФИЛИРУЮЩИЙ АППАРАТ**

**Островский А.Г., Зацепин А.Г., Кочетов О.Ю., Швоев Д.А.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,  
Нахимовский пр., 36, 117997, г. Москва, osasha@ocean.ru*

### **AUTOMATIC UNDER ICE PROFILING MACHINE**

**Ostrovskii A.G., Zatsepin A.G., Kochetov O.Yu., Shvoev D.A.**

*Shirshov Institute of Oceanology RAS, Nakhimovsky pr., 36,  
117997, Moscow,*

В презентации представлены результаты НИОКР по созданию автономного подводного профилографа. Профайлер перемещается вверх и вниз в толще воды по тросу с грузом на нижнем конце, который

опускается в полосу во льду. Носитель системы предназначен для транспортировки акустического доплеровского профилометра тока и датчика солености, температуры и давления. Система предназначена для длительных измерений вертикальных профилей текущей скорости и параметров морской среды, а также ледовой осадки.

The presentation concerns with results of R&D project for an autonomous under ice tethered profiler. The profiler moves up and down in the water column along a cable with a load at the lower end, which is lowered into a lane in the ice. The system carrier is designed for transporting an acoustic Doppler current profiler and a salinity, temperature, and pressure probe. The system is designed for long-term measurements of vertical profiles of the current speed and marine environment parameters, as well as ice draft.

В 2018-2021 гг. в рамках темы РФФИ «Фундаментальные проблемы изучения и освоения Российской Арктики» грант № 18-05-60124 разработан подледный профилирующий аппарат, предназначенный для использования в составе автономной ледовой станции (рис. 1) [1]. Подледный океанологический аппарат, оснащенный измерительными датчиками и системой передачи данных, должен автоматически передвигаться вверх-вниз по тросу, который вывешен с грузом с плавучего буя-держателя на льду. Помимо профилирующего аппарата, что в состав станции будет входить метеостанция с системами спутниковой связи Гонец-М или Iridium и навигации GPS/Глонасс.

В дополнение к тем функциям, которые имеют зарубежные аппараты аналогичного назначения Cyclesonde [2, 3] и ИТР [4], новый аппарат должен: а) обеспечивать измерения глубины осадки льда, б) обеспечивать измерения вертикального профиля скорости течения с условием минимизации измерительного шума из-за вибрации троса. Зонд должен иметь ресурс батарей для автономной работы по продолжительности, сопоставимой с зондирующей системой ИТР, т.е. не менее 1 года. Причем, рабочая глубина зонда должна быть не менее 800 м. Для нового аппарата с переменной плавучестью была выбрана горизонтальная схема подвеса, аналогичная той, что была применена в Cyclesonde. Причем подвес носителя сконструирован так, что при движении нет постоянного контакта деталей аппарата с тросом, т.е. трос проходит свободно через каретку на раме подвеса и, следовательно, колебания аппарата под воздействием вибрации троса должны уменьшаться. Горизонтально расположенный аппарат хорошо обтекается в потоке воды и его легче стабилизировать.

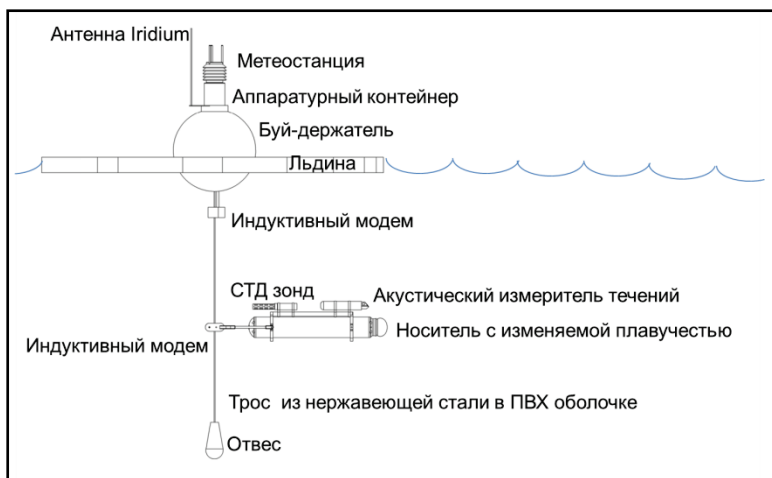


Рис. 1. Схема автоматической станции перспективной оперативной системы наблюдений за ледяным покровом, приводным слоем воздуха и деятельным слоем океана в Арктике

Оборудование носителя размещено в цилиндрическом корпусе. Корпус заглушен полусферическими крышками. Длина корпуса с крышками составляет 1.2 м, диаметр 0.2 м. Корпус имеет двухслойную конструкцию: в герметичный контейнер из полиацетали вставлена тонкостенная гильза из алюминиевого сплава, что обеспечивает прочность, необходимую для погружения до глубины 2000 м. На передней крышке смонтированы разъемы для подключения океанологических измерительных приборов: акустического доплеровского профилографа течений (ADCP), зонда электропроводности, температуры и давления (CTD), а также для подключения модема подводной связи.

На задней крышке корпуса установлена наружная расширительная емкость (рис. 3). При перекачке балласта в системе плавучести смещаются как центр массы, так и центр вытеснения зонда (точки приложения архимедовой силы). При погружении на нижний горизонт наружная емкость должна быть пустой, а зонд должен находиться в горизонтальном положении в устойчивом равновесии, что достигается путем совмещения положения центра вытеснения и центра массы на продольной оси зонда. Отметим, что для устойчивости центр вытеснения всегда должен располагаться над центром массы. Для

подъема нужно придать зонду положительную плавучесть, перекачав рабочую жидкость в наружную расширительную емкость. При этом как центр масс, так и центр вытеснения смещаются подальше от ходового троса. Однако это смещение происходит на разную величину. Также при подъеме появляется составляющая силы гидродинамического сопротивления, направленная вниз, что может приводить к дифференту аппарата. По достижении верхнего горизонта зондирования рабочая жидкость перекачивается из наружной расширительной емкости во внутренний резервуар носителя, поэтому центры масс и вытеснения перемещаются ближе к ходовому тросу. При погружении возникает составляющая силы гидродинамического сопротивления, направленная вверх. Желательно, чтобы аппарат погружался и всплывал с небольшой скоростью, поскольку вертикальная составляющая силы гидродинамического сопротивления пропорциональна квадрату скорости движения аппарата относительно воды.

Для компенсации наклона зонда в вертикальной плоскости в носителе предусмотрена система дифферента, позволяющая быстро перемещать аккумуляторную батарею массой примерно 2.5 кг (рис. 3) параллельно продольной оси аппарата. Прецизионное линейное перемещение батареи в пределах 0.1 м осуществляется с помощью шагового актуатора. Точность смещения и скорость перемещения составляют порядка 10<sup>-3</sup> м и 10<sup>-2</sup> м/с, соответственно. Чтобы наклон зонда не зависел от наклона троса, в конструкции каретки рамы носителя предусмотрен поворотный узел с консолью (рис. 3). Этот узел также необходим при постановке и подъеме носителя на лед из майны после завершения миссии. В последнем случае линейный актуатор перемещает батарею в предельное положение ближе к хвостовой части так, что носитель принимает вертикальное положение, повиснув на поворотном узле.

Батарея представляет собой сборку литий-ионных аккумуляторов и имеет номинальное напряжение 24.6 В и емкость около 700 Вт·час. Электронный модуль управления аппаратом располагается между внутренним резервуаром с рабочей жидкостью и батареей. Этот модуль, помимо своей основной функции управления работой носителя, осуществляет обмен командами и данными с океанологическими измерительными приборами.

Океанологические измерительные приборы, в данном случае RBR CTD и Nortek Aquadopp HR ADCP, установлены снаружи на раме над носителем. Оба прибора имеют небольшие габариты и массу в воде (использован Aquadopp HR ADCP в укороченном корпусе). Оба подключены к системе управления зондом. CTD RBRbrevio



обеспечивает возможность измерений температуры, электропроводности и давления с частотой не ниже 4 Гц. Стоит отметить, что, в дальнейшем используя CTD RBRconcerto, можно будет дополнительно подсоединять еще два датчика. ADCP в горизонтальном положении может проводить измерения при угле наклона прибора до 30°. Измерительная головка бокового обзора оснащена тремя трансдюсерами. ADCP установлен так, что акустические лучи направлены вверх под углами 25° к вертикальной оси. ADCP измеряет вертикальный профиль скорости течения над зондом на удалении до 4 м, при вертикальном разрешении 0.03 м. Измерения проводятся с частотой 8 Гц на несущей частоте 2 МГц. Обработка этих данных совместно с данными датчика давления RBR CTD позволяет определить заглубливание нижней кромки льда, построить распределение скорости течения и эхограмму в координатах глубина–время. Кроме того, совместная обработка данных измерений вертикального распределения скорости течения и плотности воды позволяет рассчитать значения числа Ричардсона и коэффициента вертикального турбулентного обмена массой.

В июне-июле 2020 г. и в феврале 2021 г. были проведены предварительные испытания изделия в испытательном бассейне и полунатурные испытания в морских условиях. При подъеме с горизонта 55 м было перекачено 600 см<sup>3</sup> рабочей жидкости в наружную расширительную емкость за примерно 370 с. За это время аппарат поднялся до горизонта 45 м, а далее свободно всплывал к поверхности моря. При перекачке рабочей жидкости ток в электрической цепи гидроагрегата достигал 450 мА. Общие затраты энергии на время выполнения цикла погружение/всплытие, работу системы дифферентовки, а также работу зонда СТД составили около 3.8 Вт час. Скорость перемещения зонда вниз составила 0.11 м/с, вверх – 0.05 м/с. Качение аппарата было незначительным в пределах 5°. По результатам испытаний определены задачи по доработке изделия.

В марте 2021 г. успешно проведены натурные испытания аппарата в зимних условиях со льда в водоеме глубиной около 25 м (рис. 2). Ведется обработка данных измерений параметров водной среды и толщины льда, полученных в ходе испытаний.

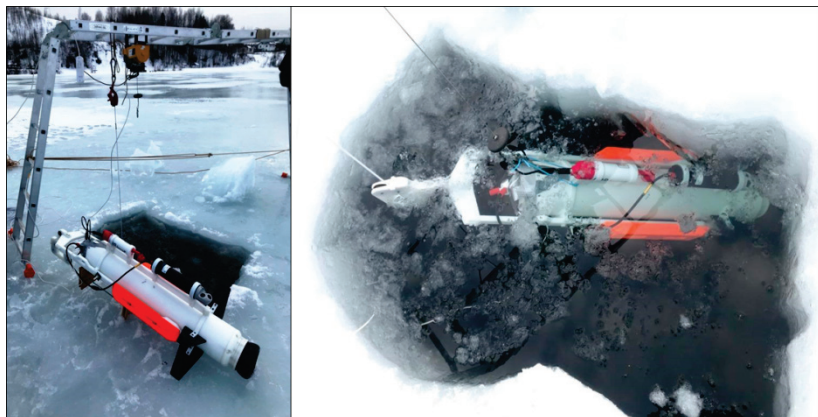


Рис. 2. Профилирующий аппарат во время испытаний на озере (Московская обл.) в марте 2021 г.

Работа выполнена по гранту РФФИ № 18-05-60124 - Арктика и теме госзадания Минобрнауки № 0128-2021-0010.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Островский, А.Г., Зацепин, А.Г. Проект автоматизированной оперативной системы наблюдений за деятельным слоем океана в Арктике // Современные методы и средства океанологических исследований (МСОИ-2019). Материалы XVI всероссийской научно-технической конференции. Том II. М.: ИД Академии Жуковского. – 2019. – С. 64–67.
2. Van Leer, J. An automatic Arctic profiling system for oceanography under ice // OCEANS '85 - Ocean Engineering and the Environment, San Diego, CA, USA. – 1985. – P. 433–436.
3. Van Leer, J., Düing, W., Erath, R., Kennelly, E., Speidel, A. The cyclesonde: an unattended vertical profiler for scalar and vector quantities in the upper ocean // Deep-Sea Research. – 1974. – V. 21. – № 5. – P. 385–386. [https://doi.org/10.1016/0011-7471\(74\)90043-6](https://doi.org/10.1016/0011-7471(74)90043-6).
4. Krishfield, R., Toole, J., Proshutinsky, A., Timmermans, M.-L. Automated Ice-Tethered Profilers for Seawater Observations under Pack Ice // Journal of Atmospheric and Oceanic Technology. – 2008. – V. 25. – P. 2091-2105.

## **II. ПОДВОДНЫЕ АППАРАТЫ И РОБОТЫ, ПРИБОРНАЯ ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА**

УДК 53.092

### **ПРОВЕРКА МЕТОДА СНИЖЕНИЯ СКОРОСТИ КОРРОЗИИ В МОРСКОЙ И ПРЕСНОЙ ВОДЕ В ЗАСТОЙНЫХ ЗОНАХ ЗАТОПЛЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

**Васильев Н.В., Торопов М.Н., Селиванов А.С.**

*«Российский университет транспорта (МИИТ)»,  
127994, Москва, ул Образцова д.9 стр 9  
+7(495)684-24-98, +7(909)669-40-28, tu@miit.ru*

**VERIFICATION OF THE METHOD OF REDUCING THE CORROSION  
RATE IN SEAWATER AND DISTILLED WATER INSIDE STAGNANT  
VOLUMES USING THE ENERGY METHOD OF IMPACT.**

**Vasilev N.V., Toropov M.N., Selivanov A.S.**

*Russian University of Transport (MIIT)  
9b9 Obrazcova Ulitsa, Room 1301, Moscow 127994*

В статье приведены некоторые результаты лабораторного эксперимента по подтверждению эффекта снижения скорости коррозии в морской и дистиллированной воде внутри застойных зон затопленных объемов в случае использования энергетического метода воздействия.

The paper lists some of the result of the laboratory experiment for confirming the effect of reducing the corrosion rate in sea and distilled water inside stagnant flooded volumes in the case of using of the energy method of impact

Для оценки возможности снижения скорости коррозии внутри затопленных металлических конструкций были проведены дополнительные лабораторные коррозионные испытания с целью подтверждения и уточнения данных, изложенных на секционном докладе конференции МСОИ 2017 [1]. Речь шла о новом методе с использованием энергии частиц инертного минерала (далее энергент) на

границе раздела фаз объект-жидкость. Частицы не растворяются, но инициируют изменения направленности протекания реакций осаждения и скопления в границах двойного электрического слоя (ДЭС) т.е. влияют на реакции, ответственные за скорости коррозии и осадочных отложений. Характеристики влияния задаются при подготовке частиц минералов в соответствии с составом воды. Доставка предполагалась путем распыла взвеси над или в самом объекте с борта телеуправляемого аппарата, а на мелководье - с поверхности.

Поставленный лабораторный эксперимент подтвердил эффект замедления скорости коррозии внутри застойных зон с морской или пресной водой. Предел глубины, до которой можно применять наш метод без дополнительной подготовки, с оценочной границы применения в 200м перенесен на отметку 100 м[2].

В ходе эксперимента (27.10.17 -20.08.18) проводились измерения коррозионных повреждений стальных образцов Ст20 при продолжительной выдержке в модели морской воде (экспозиции 741ч, 5569ч, 7150 ч) без принудительной циркуляции жидкости и ограниченном доступе кислорода с поверхности. Дополнительно были получены данные по изменению химического состава воды и ее фильтрата после испытаний, измерен вес осадка.

Дополнительно об эксперименте: модель морской воды, была приготовлена из морской соли в концентрации 35г/л. Образцы на коррозию были распределены по пяти банкам (рис. 1), по три образца на банку.



Рис. 1 Банки с образцами (1-5 слева направо). Снимок сделан по окончании последней экспозиции (7150 часов)

- Банка 1 - морская вода -контрольная
- Банка 2 -морская вода с добавкой энергента 250 мг/л
- Банка 3 – морская вода с добавкой энергента 500 мг/л
- Банка 4 – дистиллят - контрольная
- Банка 5 – дистиллят с добавкой энергента 500 мг/л

Из результатов опытов можно сделать следующие выводы:

- подтверждено, что средняя скорость коррозии (таб.1) на образцах как в морской, так и в дистиллированной воде при наличии в пробе энергента ниже скорости коррозии в контрольных образцах с морской и дистиллированной водой. Коррозия в морской воде с энергентом 500 мг/л в среднем развивается на 26% медленнее, чем в контрольном образце с морской водой, а коррозия в дистилляте с энергентом 500 мг/л - на 47% медленнее, чем в контрольном образце с дистиллятом.

Таблица 1

№ банки/ концентрация энергента	Время экспозиции ч.	№ образца	Скорость коррозии г/м2*ч	Скорость проникновения мм/год
№1 Морская вода энергент 0 мг/л	7150	79.1	0,0374	0,0417
	5569	79.2	0,0869	0,0969
	741	79.3	0,0537	0,0599
	Среднее по образцам банки №1			<b>0,0660</b>
№2 Морская вода энергент 250 мг/л	7150	81.1	0,0434	0,0484
	5569	81.2	0,0568	0,0633
	741	81.3	0,1362	0,1518
	Среднее по образцам банки №2			<b>0,0878</b>
№3 Морская вода энергент 500 мг/л	7150	82.1	0,0353	0,0393
	5569	82.2	0,0112	0,0124
	741	82.3	0,0943	0,1051
	Среднее по образцам банки №3			<b>0,0523</b>
№4 Дистиллиро- ванная вода Энергент 0 мг/л	7150	84.1	0,0487	0,0542
	5569	84.2	0,0587	0,0655
	741	84.3	0,0611	0,0681
	Среднее по образцам банки №4			<b>0,0626</b>
№5 Дистиллиро- ванная вода Энергент 500 мг/л	7150	103.1	0,0499	0,0556
	5569	103.2	0,0495	0,0552
	741	103.3	0,0154	0,0172
	Среднее по образцам банки №5			<b>0,0426</b>

- для проведения коррозионных испытаний с использованием энергента нежелательно прибегать к ускоренным методам на определение скорости коррозии, так как любое внешнее электрическое поле может помешать определить фактическую скорость разрушения,  
- при анализе промежуточных значений скорости коррозии становится заметно, что суммарная масса потерь на коррозию одного или двух предыдущих коррозионных образцов при пересчете на последний образец может быть больше фактической потери массы последнего образца. Это можно объяснить наличием циклических изменений направленности коррозионного процесса в какой-то период времени, либо появлением прочного защитного слоя, либо оба варианта в различные периоды.

Основаниями сказанному могут служить:

- зафиксированное возрастание рН среды в каждой банке в процессе испытания, при котором меняется знак Фладе-потенциала, т.е. имеют место периоды восстановления металла образцов. Это подтверждается и при ступенчатом расчете скоростей коррозии.

- внешний «бодрый» вид образцов №№3 и 5 (рис.1), говорящий о возможном появлении защитной пленки хемосорбции или иной формы пассивации металла [3]. Результаты применения метода на наземных объектах подтверждают, что очистка металла от солевых отложений, биообрастания, очагов биокоррозии, сопровождается появлением коррозионностойкой пленки на металле.

Заключение:

Имеется возможность на 26-47% снизить скорость коррозии металлических оболочек и конструкций потенциально опасных объектов, затопленных на глубинах до 100 метров в морях и реках. Это означает, что появится дополнительный способ консервации и дополнительное время для работ по обезвреживанию объектов.

Предлагаемый метод защиты является экологически чистым и простым в применении. Эти свойства сохранят большой объем окржающих экосистем.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Васильев Н.В. Метод снижения скорости коррозии и образования отложений в морской и пресной воде. // Современные методы и средства океанологических исследований: Материалы XV Всероссийской научно-технической конференции «МСОИ-2017». Том II. – М., 2017. С155-157. ISBN

2. Болдырев, В.В. Механохимия и механическая активация твердых веществ. / Болдырев В.В.// Успехи химии 75 (3) 2006. С 203-215
3. Улиг Г.Е., Ревы Р.У Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику: Пер. с англ./Под ред.Сухотина – Л.: Химия, 1989 Пер. изд., США, 1985 -456с.: ISBN 5-7245-0355-7 стр 80-81 УДК: 621.397.13:629.584

## **АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА ФОТО- И ВИДЕОРЕГИСТРАЦИИ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ**

**Сергеев В.В., Косянчук С.И., Прибылов Ю.С., Семашкин О.И.**

*АО «Научно-исследовательский институт телевидения,  
Политехническая ул., 22, 194021, г. Санкт-Петербург,  
8 (812) 297-41-67, npk62ypr@niitv.ru*

### **ADAPTIVE PHOTO AND VIDEO SYSTEM FOR AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLES**

Sergeev V. V., Kosjanchuk S. I., Pribylov Yu. S., Semashkin O.I.

*JSC «Television Research Scientific Institute»,  
22, Polytechnicheskaya Str., Saint-Petersburg, 194021*

В докладе рассматриваются структура, составные части и основные технические решения, использованные АО "НИИ телевидения" при создании адаптивной системы подводного видения (АСПВ) со светодиодной импульсной подсветкой, установленной на автономном обитаемом аппарате (АНПА) производства АО «Концерн «НПО «Аврора». АСПВ предназначена для проведения фото и видео съемки морского дна на рабочих глубинах до 1000 м на дистанциях наблюдения от 2 до 5 метров с возможностью разрешения объектов размером от 20 мм при скорости хода АНПА до 3-х узлов.

The report describes the structure, components and main technical solutions used by JSC "Television Scientific Research Institute" when creating the Adaptive Underwater Vision System (AUVS) with LED pulse illumination. AUVS is installed on the Autonomous Underwater Vehicles (AUV) developed and manufactured by JSC "Concern Research and Production

Association "Aurora" in order to take photo and video surveys of the seabed at observation distances from 2 to 5 meters with the possibility of resolution of objects from 20 mm in size at working depths of up to 1000 m and at a speed of AUV up to 3 knots.

В настоящее время уделяется повышенное внимание направлению создания автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) оснащенных системами подводного видения. Возможность получения объективной информации о подводной обстановке на различных глубинах погружения имеет важное значение для решения широкого спектра научных, народнохозяйственных и задач оборонного значения, при выполнении поисковых и аварийно-спасательных операций.

В частности, в интересах освоения природных ресурсов Мирового океана с использованием АНПА выполняются:

- геодезическая съёмка рельефа морского дна;
- геологическая разведка на шельфе и в глубоководных районах Мирового океана;
- осмотр и обследование подводных конструкций, установок нефти и газодобывающего комплекса, нефтепроводов и газопроводов, кабельных трасс и т. п.

В общем случае, при проектировании систем подводного видения для АНПА в зависимости от класса и решаемых ими задач, предъявляются требования к дальности видимости, разрешающей способности, качеству получаемых фото и видео материалов, а также требования к массогабаритным характеристикам, рабочей глубине погружения и потребляемой мощности, определяющей время автономной работы АНПА от аккумуляторных батарей.

В докладе описывается образец АСПВ установленный на АНПА производства АО "Концерн "НПО "Аврора" и предназначенный для проведения фото и видео съёмки морского дна на дистанциях от 2 до 5 метров с возможностью разрешения объектов размером от 20 мм при скорости хода АНПА до 3-х узлов на рабочей глубине до 1000 м. Конструкция составных частей АСПВ предусматривает их установку в герметичные отсеки АНПА.

Показано, что при создании систем подводного видения АНПА целесообразно использовать импульсный режим подсветки, где время излучения согласовано с временем накопления в ТВ камере. Это позволяет при фото и видеосъёмке значительно уменьшить потребляемую мощность светодиодного осветителя и увеличить время автономной работы АНПА.



Рассмотрены следующие режимы адаптации:

- времени накопления ТВ камеры к скорости хода для уменьшения «смаза» изображений и обеспечения наблюдения заданного размера объектов;

- числа кадров фотосъёмки к скорости хода АНПА для оптимизации их числа и уменьшения требования к объёму накопителя;

- мощности излучения светодиодного осветителя к прозрачности водной среды и к дистанции съёмки для уменьшения мощности потребления.

В докладе описаны составные части и структура АСПВ, приведены характеристики ТВ камеры и светодиодного осветителя, даны рекомендации по их расположению на АНПА [1].

Показано, что для повышения качества формируемых изображений необходимо использовать ТВ камеры с высокой пространственной чувствительностью и разрешением, применять пространственное разнесение источника света и ТВ камеры, а также использовать алгоритмы цифрового контрастирования [1,2].

Приведены некоторые результаты лабораторных испытаний АСПВ и натурных испытаний АНПА, оснащенной АСПВ.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Сергеев, В.В. Адаптивная система фото и видео регистрации для автономных необитаемых подводных аппаратов / Сергеев В.В., Карпов В.В., Прибылов Ю.С., Пшеничная О.К., Соколов В.А. Современные технологии подводного видения, Neftegaz.RU, 2020 [8], стр.40-45.
2. Сергеев, В.В. Активная система подводного видения для автономных необитаемых подводных аппаратов / Сергеев В.В., Карпов В.В., Прибылов Ю.С., Соколов В.А. Вопросы радиоэлектроники, сер. Техника телевидения, 2019, вып.2, с. 53-61.

## АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ПОДВОДНОГО ВИДЕНИЯ

**Проконич А.В., Павлова Е.Н.**

*АО «Научно-исследовательский институт телевидения,  
Политехническая ул., 22, 194021, г. Санкт-Петербург,  
8 (812) 297-41-67, npk62ypr@niitv.ru*

### ADAPTIVE UNDERWATER VISION SYSTEMS

Prokonich A.V., Pavlova E.N.

*JSC «Television Research Scientific Institute», 22, Polytechnicheskaya Str.,  
Saint-Petersburg, 194021*

В данной статье рассматривается состояния применяемых телевизионных комплексов подводного видения. Проведен анализ существующих телевизионных комплексов. Выявлены основные существующие проблемы. Получены методы и алгоритмы решения данных проблем.

This article discusses the state of applicable television complexes underwater vision. The analysis of existing television complexes. Identified the main existing problems. Received methods and algorithms for solving these problems.

На сегодняшний момент существует множество проблем для решения, которых необходима телевизионная система, способная в кратчайшие сроки обследовать большие участки подводного пространства. Телевизионные системы (ТВС) в подводной среде получили широкое распространение. ТВС применяются при различных исследованиях подводного пространства, поиске открытых залежей подводных ископаемых, проведении строительных работ, при контроле над состоянием подводных объектов и т.д. Влияние ТВС на изучение подводного пространства существенна, так как человек быстрее усваивает информацию, полученную визуальным путем.

Основной областью применения телевизионных систем являются робототехнические комплексы, это различные АНПА и ТНПА. Специфика применения таких подводных аппаратов такова, что один и

тот же аппарат в ходе эксплуатации оказывается в различных условиях. Во время работы робототехнического комплекса может происходить изменение освещенности и прозрачности среды, появление источников дополнительного освещения или помехи обратного рассеивания.

Целью данной работы является поиск проблем, с которыми сталкиваются операторы при эксплуатации подводных ТВС, и методы их решения. Рассматривались ТВС, предназначенные для наблюдения подводного пространства, установленные на различные АНПА и ТНПА.

В настоящее время существует множество подводных телеуправляемых комплексов, которые используются для решения поставленных задач [1-4]. Для анализа проблем, с которыми сталкиваются операторы ТВС подводных аппаратов были использованы данные полученные в ходе эксплуатации ТВС произведенных в АО «НИИ телевидения», результаты соревнований по подводной робототехнике [5], и данные систем, находящихся в свободном доступе.

ТВС установленные на робототехнические комплексы, представленные для сравнения, отличаются высоким уровнем светочувствительности. Но в характеристиках комплексов не заявлена дальность видимости в подводной среде. В ходе анализа собранных данных были получены результаты, проанализировав которые были получены сведения об основных недостатках, применяемых подводных ТВС:

1. Выбор фотоприемников, установленных в ТВС, редко коррелируется с условиями эксплуатации ТВС.
2. Расположение источников освещения на подводных аппаратах не обосновано (минимизация помехи обратного рассеивания, избежание засветки и т.д).
3. Нет способа измерения прозрачности воды, в месте эксплуатации объекта.
4. Редко применяются цифровые методы увеличения качества получаемого изображения.
5. Отсутствует возможность автоматической подстройки параметров фотоприемника и осветителя в зависимости от прозрачности воды и степени освещенности.

Результаты данной работы позволяют оценить состояние подводных ТВС, улучшить качество работы уже существующих подводных ТВС за счет их модернизации [6,7] и строить новые ТВС, которые могут работать с одинаковой эффективностью в независимости от условий применения подводных аппаратов. Несмотря на кажущуюся простоту описанных решений, их практическая реализация обусловлена решением целого комплекса весьма сложных технических задач.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <https://gnomrov.ru>
2. <https://www.rovbuilder.com>
3. <http://www.tetis-pro.ru>
4. <https://oceanos.ru>
5. <https://fpi.gov.ru/tenders/?stage=closed>
6. Долин, Л.С. Справочник по теории подводного видения. / Л.С. Долин, И.М. Левин. - СПб.: Гидрометеоиздат, 1991.–231 с.
7. Лагутин Ю.П. Методика расчета гидрооптической части ТВ системы подводного наблюдения / Вопросы радиоэлектроники, сер. Техника телевидения. 2008, вып. 2., с 76–89.

УДК 551.468:556.08

### **АВТОНОМНЫЙ ПРИВЯЗНОЙ ПРОФИЛИРУЮЩИЙ АППАРАТ «ВИНЧИ»: ИСПЫТАНИЯ И ДОРАБОТКА**

**Островский А.Г., Зацепин А.Г., Кочетов О.Ю., Мысливец И.В.,  
Швоев Д.А., Кондрашов А.А.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,  
Нахимовский пр., 36, 117997, г. Москва, 8(499)124-59-83,  
[osasha@ocean.ru](mailto:osasha@ocean.ru)*

### **AUTONOMOUS BANDED PROFILING APPARATUS "VINCI": TESTS AND REFINING**

**Ostrovskii A.G., Zatsepin A.G., Kochetov O.Yu., Myslivets I.V.,  
Shvoev D.A., Kondrashov A.A.**

*Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, 36,  
Nakhimovskii prospect, Moscow, 117997*

Представлены результаты работ последних двух лет по созданию подводного аппарата лебедочного типа для автоматического зондирования водной толщи до поверхности моря с системой передачи данных измерений в реальном времени.

This presentation summarizes recent advances in developing of a small-sized winch-type tethered profiler. The profiler is a self-sufficient device with motor drive, controller, battery pack placed in a pressure proof cylinder housing. The device is based on the invention of an underwater winch probe having a spool aligned with the motor drive shaft (Ostrovskii, Shvov, 2018). While being positively buoyant, the profiler ascends/descends in the water by unwinding/winding the spool wire attached to the bottom anchor. Upon moving to a pre-defined parking depth as controlled by a pressure sensor, the motor drive rotation is reversed, changing the direction of winding/unwinding. The profiler is suitable for deployment from a simple rowboat. Preliminary results of the measurements in inland and sea waters are discussed. The device was used for measuring the depth profiles of the various aquatic parameters. The sensor suite included a CTD, dissolved oxygen optode, fluorometer and turbidity meter. The measurement data were transmitted via mobile-phone communication channel.

В 2019 г. на конференции МСОИ-2019 был представлен макет подводного аппарата «Винчи» лебедочного типа [1] для автоматического зондирования водной толщи до поверхности моря с системой передачи данных измерений в реальном времени. За прошедшие два года были проведены натурные испытания, по результатам которых аппарат был существенно доработан.

Испытания аппарата проводились в Подмосковье на Гидробиологической станции «Глубокое озеро» ИПЭЭ РАН (<http://sevin.ru/ru/gidrobiologiceskaa-stancia-glubokoe-ozero-im-nu-zografa>) в августе-сентябре 2019 г. и на Черном море на Полигоне «Геленджик» ИОРАН (<https://ocean.ru/index.php/otdeleniya-i-filialy-io-ran/yuzhnoe-otdelenie/item/1060-chernomorskij-poligon-io-ran-gelendzhik-poligon-gelendzhik>) в октябре 2019 г. и в июле 2020 г. На оз. Глубоком постановка и снятие станции проводились с весельной лодки, а на Черном море с МНИС «Ашамба» и резиновой моторной лодки. Глубина мест постановок составила 9-28 м.

Целями испытаний были проверка доработанных конструкторских и технических решений и отладка программного обеспечения станции. Во время испытаний отрабатывались функции дистанционного (по каналу связи GSM) изменения периодичности и глубины профилирования, а также объема и состава передаваемой

информации. Было отмечены преимущества оперативной передачи данных измерений и телеметрической информации, что позволяло контролировать ход испытаний и своевременно принимать решения о прерывании испытаний, с целью отладки программного обеспечения.

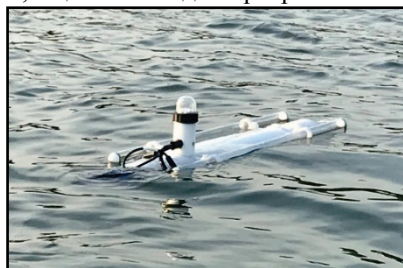


Рис. 1. Профилирующий аппарат на оз. Глубокое, октябрь 2019 г.

Опытный образец аппарата (рис. 1) был оснащен зондом RBR Concerto CTD, флуорометром и турбидиметром производства компании Seapoint, быстрым датчиком кислорода Aanderaa типа 4330F.

Испытания позволили получить временные ряды данные о состоянии водной среды от придонного слоя до границы раздела вода-воздух. В качестве примера, на рис. 2 приведен временной ряд вертикальных профилей данных измерений в период с 3 по 8 октября 2019 г. по данным испытаний на оз. Глубокое.

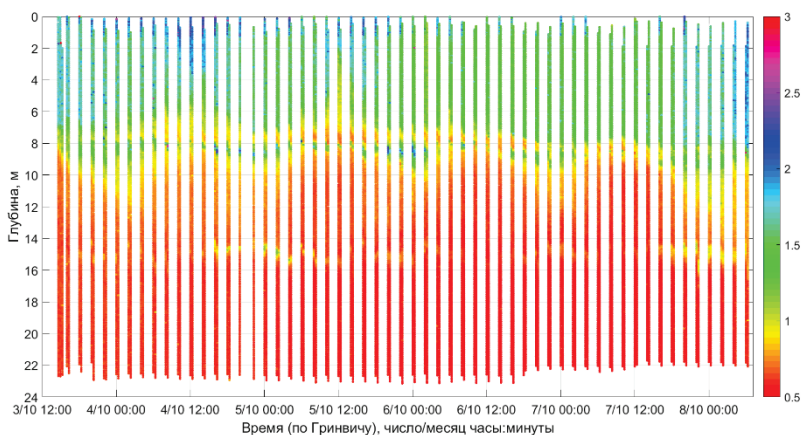


Рис. 2. Фрагмент регистрации вертикальных профилей флуоресценции воды в оз. Глубокое в октябре 2019 г.

В начале работы аппарат выполнил 3 быстрых цикла для

проверки работоспособности без продолжительных пауз, затем аппарат перешел в автоматический режим циклирования каждые 2 часа. На рис. 2 хорошо видна временная изменчивость в толще оз. Глубокого, например, колебания флуоресценции в области скачка температуры (в термоклине).

В Черном море наиболее длительная постановка аппарата была осуществлена 22-27 октября 2019 г. За время постановки аппарат выполнил 127 циклов профилирования. Расход электроэнергии аппарата на различных режимах во время автономной работы составил (рис. 3):

- больше 30 Вт, когда станция погружалась с поверхности моря до парковочной глубины 25 м,
- от 14 до 30 Вт, когда станция поднималась с парковочной глубины до горизонта 1 м,
- от 4 до 14 Вт, когда станция всплывала с горизонта 1 м,
- менее 4 Вт, когда станция в надводном положении передавала и принимала данные по каналам GSM и GPS связи.

По результатам испытаний было принято решение о доработке аппарата. В целях экономии энергии заменен электродвигатель на бесщеточный постоянного тока с редуктором, тормозом и энкодером. Номинальный момент электропривода 10.8 Н·м. Для управления электроприводом создан аппаратно-программный интерфейс. Собрана и установлена новая никель-магний-кобальтовая батарея емкостью около 1.4 кВт·час. Для повышения точности определения глубины погружения заменен датчик давления на цифровой с суммарной погрешностью 0.01 бар в диапазоне измерений 10 бар. Также были доработаны детали подвеса аппарата на трос. Существенно обновлено программное обеспечение в целях оптимизации работы, экономии энергии во время сеансов радиосвязи и расширения функциональных возможностей интерфейса пользователя.

В июле 2020 г. с помощью профилирующего аппарата «Винчи» проведены измерения в Геленджикской бухте Черного моря. Было сделано 5 станций, на каждой из которых аппарат автономно по заданной программе выполнил от 2 до 10 циклов профилирования. Данные измерений передавались по каналу мобильной телефонной связи при всплытиях аппарата к поверхности моря.

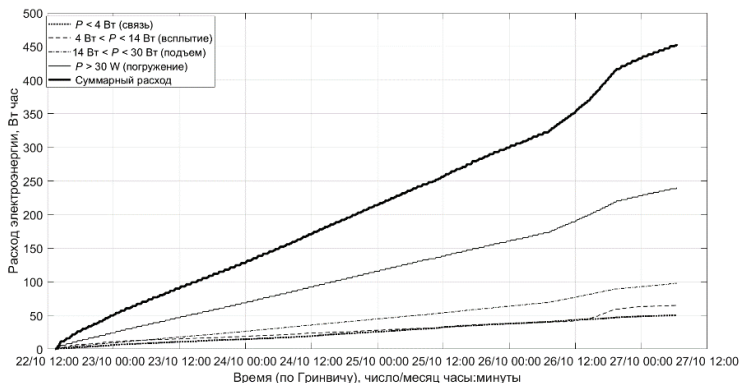


Рис. 3. Расход электроэнергии в процессе автономной работы станции во время натуральных испытаний в Черном море в октябре 2019 г.

Прим и обработка данных выполнялись на специально выделенном сервере. Полученные значения распределения кислорода в бухте оказались в пределах нормы. На весну 2021 г. запланирована многосуточная постановка аппарата на оз. Глубоком.

Работа выполнена по теме госзадания Минобрнауки № 0128-2021-0010 при поддержке РФФИ по гранту № 19-05-00459 и совместному гранту РФФИ и Министерства образования, науки и молодежной политике Краснодарского края № 19-45-230012.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Островский, А. Г., Швоев, Д. А. Подводный лебедочный зонд // Пат. РФ № 2642677. – Заявл. 31.01.2017. Оpubл. 25.01.2018. –Бюл. № 3.



УДК 551.465

## **ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АППАРАТОВ ВОДОПРОНИЦАЕМОГО ТИПА В ПОДВОДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

**Юрьев А.И., Махров В.П.**

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) - МАИ.*

*Волоколамское шоссе, д. 4, г. Москва, 125993, Тел.: +7 499 158-43-33,  
158-58-70, 158-00-02*

## **ON THE USE OF WATER-PERMEABLE DEVICES IN UNDERWATER RESEARCH**

**Iouriev A.I., Makhrov V.P**

*Moscow Aviation Institute (National Research University)  
4, Volokolamskaya str., Moscow, 125993*

В статье представлены результаты работы Московского авиационного института по созданию высококомобильных подводных транспортных средств проницаемого типа для транспортировки водолазов и подводного оборудования.

The article presents the results of the work of the Moscow aviation Institute on the creation of highly mobile underwater vehicles of permeable type for the transportation of divers and underwater equipment.

В СКБ «Океан» МАИ осуществляются разработки и изготавливаются двухместные подводные аппараты водопроницаемого типа (аквамоби́ли) серии «Акванта» (см. сайт МАИ). Такие аппараты представляют собой высококомобильное, экологически чистое транспортное средство, рассчитанное на использование экипажем (пилот и оператор) для обеспечения своей жизнедеятельности бортового и индивидуального лёгководолазного снаряжения (аквалангов). Аквамоби́ли рассчитаны на применение в прибрежной зоне морей, озёр и крупных водохранилищ как транспортная платформа для различных видов научно-технической и хозяйственной деятельности, а также для развития подводного туризма и спорта. «Акванта» представляла достижения РФ в развитии «прибрежного подводного флота» на

Всемирной выставке ЭКСПО-98 в Лиссабоне (Португалия). Аппараты данного типа могут использоваться при проведении следующих операций:

- подводная транспортировка различных грузов, аппаратуры для научных исследований, ТВ или видео съёмок;
- инспекция и экологический мониторинг дна, подводных сооружений и коммуникаций;
- аварийные, поисковые и спасательные операции;
- обслуживание плантаций морекультур;
- археологические исследования;
- спорт, охота, туризм и шоу на воде.

Одна из представляемых модификаций аппарата – «Акванта-М» разработана на основе опыта разработки, создания и практики эксплуатации ранее созданных образцов, в конструкции которых широко использованы авиационные технологии, современные экологически чистые композиционные материалы, двигатели и источники энергии.

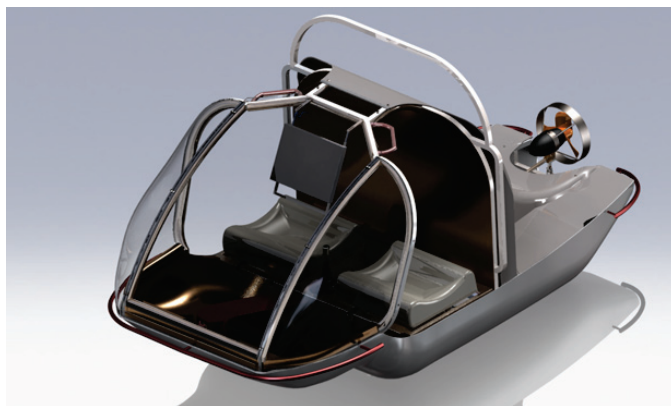


Рис.1 Общий вид подводного аппарата "Акванта-М"

Спецификация аппарата:

габариты, м: 2.5x1.2x1.3;

вес снаряжённый в воздухе, кг: до 150;

автономность, отнесённая к глубине 10 м, мин: до 120;

диапазон скоростей в спокойной воде, м/с: 0...1,5;

максимальная глубина использования, м: 40.

Приборное и инструментальное оснащение формируются по условиям заказа. Внешний вид аппарата представлен на рисунке.

Аквамобиль транспортируется всеми видами наземного транспорта на борту или на прицепе без ограничений.

Доклад иллюстрируется фотоматериалом и 5-и минутным видео работы «Акванты» под водой.

УДК 551.46.06

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ  
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.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,  
Нахимовский пр., 36, 117997, г. Москва, 8(499)124-13-01,  
anisimov.im@ocean.ru*

**INTEGRATION OF VIDEO AND SIDE-SCAN SONAR DATA FOR  
POTENTIALLY DANGEROUS UNDERWATER OBJECTS  
INVESTIGATIONS IN KARA SEA AND BAYS OF NOVAYA ZEMLYA**

**Anisimov. I.M., Muravya. V.O., Tronza S.N.**

*Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, 36,  
Nakhimovskii prospect, Moscow, 117997*

В докладе рассматривается способ представления гидролокационных и видео данных, позволяющий оценить состояние исследуемых объектов на морском дне в мезо- и микро-масштабе одновременно, а также реализация данного метода на примере исследований подводных потенциально опасных объектов в Карском море и заливах Новой Земли в ходе экспедиций 2019-2020 гг.

In the paper we discuss a method for presenting sonar and video data, which makes it possible to observe the state of objects under study on the seabed simultaneously in the meso- and micro-scale, as well as the implementation of this method during investigations of potentially dangerous underwater

objects in the Kara Sea and bays of Novaya Zemlya during expeditions 2019-2020.

Для повышения эффективности интерпретации данных, полученных в процессе фото- или видеонаблюдения поверхности дна с помощью буксируемых аппаратов, в ряде случаев целесообразно использование синхронной панорамной съемки с помощью гидролокатора бокового обзора (ГБО), который, в отличие от оптических инструментов, позволяет одновременно обозревать существенную площадь поверхности дна [1]. Такой подход позволяет сочетать наблюдения микромасштабных (менее метра) процессов и явлений с помощью фото- или видеокамеры, и мезомасштабных (десятки метров) элементов с помощью ГБО. Исходя из этих соображений, в разработанный в ИО РАН буксируемый необитаемый подводный аппарат (БНПА) «Видеомодуль» (рис. 1) был оснащен высокоразрешающим ГБО, разработанным также в ИО РАН [2].

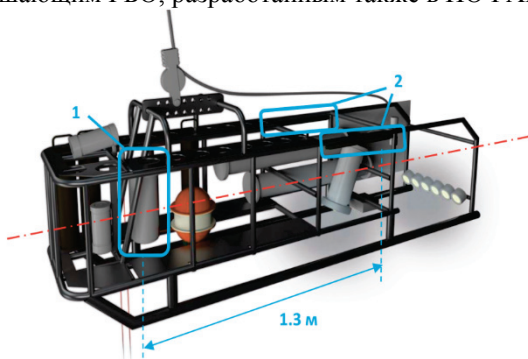


Рис. 1. Схема БНПА «Видеомодуль», вид с левого борта. Рамами обведены: 1 – видеокамера высокого разрешения; 2 – излучатели гидролокатора бокового обзора. Расстояние между видеокамерой и излучателями ГБО составляет 1.3 м. Штрихпунктирной линией показана главная ось аппарата.

Для построения комплексного изображения по видео и гидролокационным данным используется метод сшивки последовательности видеок кадров в мультиперспективную панораму, что позволяет однозначно сопоставить строки гидролокационного изображения (сонограммы) и оптического изображения. Предлагаемый метод опирается на известные алгоритмы по построению

мультиперспективных панорам [3, 4] с учетом специфики получения видеоизображений в подводной среде. Результаты работы алгоритма представлены на примере фрагментов четырех трансект (рис. 2), на которых проводились гидролокационные и визуальные исследования подводных потенциально опасных объектов в 2019-2020 гг.

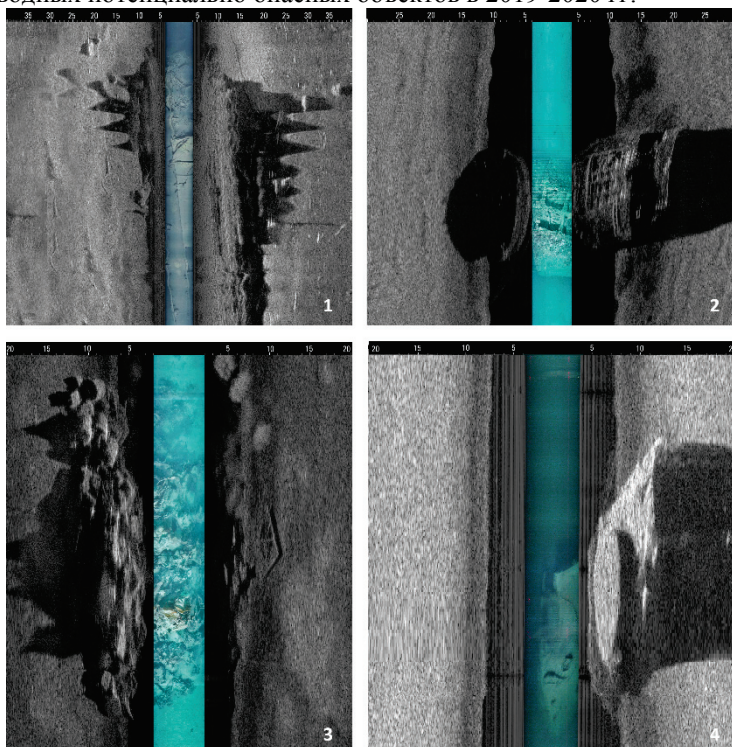


Рис. 2. Комплексные изображения подводных потенциально опасных объектов, полученные с использованием видеосистемы и гидролокатора бокового обзора БНПА «Видеомодуль», соответствующие трансектам 1-4. 1 – танкер ТНТ-15, 2 – реакторный отсек АПЛ К-19, 3 свалка ТРО, 4 – экранная сборка атомного ледокола «Ленин». Единицы измерения на масштабной шкале в верхней части изображения – метры.

На изображении 1 представлено судно ТНТ-15, затопленное в Новоземельской впадине. Видно, что искажения на панораме повторяют искажения гидролокационного изображения, что особенно заметно по границе тени объекта на гидролокационном изображении. Комплексное

изображение позволяет однозначно судить о том, какая именно часть объекта (затопленного судна) попала в кадр видеосъемки. Одновременно длина тени от объекта на гидролокационном изображении позволяет оценить высоту борта и других частей судна. На изображении 2 хорошо заметна сетчатая структура шпангоутов и стрингеров разрушенного легкого корпуса отсека, повторяющаяся на видео и гидролокационном изображении. При этом на панораме заметны такие мелкие объекты, как отдельные детали оборудования межкорпусного пространства. Группа контейнеров с твердыми радиоактивными отходами (ТРО) на изображении 3 обильно покрыты водорослями, что затрудняет визуальную идентификацию отдельных частей изображения. Для звуковых волн морская растительность практически прозрачна, поэтому на сонограммах детали объекта различаются более четко. На изображении 4 представлена экранная сборка атомного ледокола «Ленин». В объектив видеокамеры попала кормовая часть объекта, тогда как люк кассона и носовая часть хорошо видны на гидролокационном изображении.

Предложенный метод, опробованный на данных, полученных в ходе нескольких экспедиций, позволяет расширить возможности обработки и интерпретации гидролокационных и видео изображений для дальнейшего их анализа специалистами.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (тема № 0128-2021-0010, а также при поддержке РФФИ (проект № 18-05-60070 «Арктика», проект № 20-05-00384)

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Фирсов Ю.Г. Основы гидроакустики и использования гидрографических сонаров. Санкт-Петербург: Нестор-История, 2010. 348 с.
- 2 Римский-Корсаков Н.А., Флинт М.В., Поярков С.Г. Анисимов, И. М., Белевитнев, Я. И., Пронин, А. А., Тронза, С. Н. Развитие технологии комплексных инструментальных подводных наблюдений применительно к экосистемам Российской Арктики / Океанология. 2019. Т. 59. № 4. С. 679–683.
- 3 Kopf J., Chen B., Szeliski R., Cohen M. Street slide: browsing street level imagery / ACM Transactions on Graphics. 2010. V. 29. № 4. P. 1–8.
- 4 Rav-Acha A., Engel G., Peleg S. Minimal Aspect Distortion (MAD) Mosaicing of Long Scenes / International Journal of Computer Vision. 2008. V. 78. № 2-3. P. 187–206.

## **ИСПЫТАНИЯ ШАГАЮЩЕГО АППАРАТА МАК-1 В ПОДЛЕДНЫХ УСЛОВИЯХ**

**Чернышев В.В., Калинин Я.В., Шаронов Н.Г.**

*Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ),  
пр-т им. Ленина, 28, 400005 г. Волгоград, 8(8442)24-80-99,  
vad.chernyshev@mail.ru*

### **TESTS OF THE WALKING DEVICE MAK-1 IN SUBGLACIAL CONDITIONS**

Chernyshev V.V., Kalinin Y.V., Sharonov N.G.

*Volgograd State Technical University (VSTU),  
28, Lenin avenue, Volgograd, 400005*

Обсуждаются результаты подводных испытаний шагающего аппарата МАК-1 в подледных условиях. В ходе испытаний исследовались возможности аппарата по самоадаптации и самоуправлению в условиях неорганизованной поверхности морского дна и при отсутствии внешних управляющих воздействий.

The results of underwater tests of the MAK-1 walking device under ice conditions are discussed. During the tests, the capabilities of the device for self-adaptation and self-control were investigated in the conditions of an unorganized surface of the seabed and in the absence of external control influences.

В настоящее время наблюдается повышенный интерес к разработке подводных месторождений полезных ископаемых. В России наиболее значительным минерально-сырьевым потенциалом характеризуются арктические шельфовые зоны. Вместе с тем, освоение месторождений полезных ископаемых арктического шельфа пока затруднено, из-за отсутствия эффективных технологий их добычи. Абсолютно неисследованными остаются месторождения в зоне постоянных льдов. В докладе обсуждаются результаты подледных испытаний шагающего аппарата МАК-1 [1, 2]. Шагающие машины, передвигающиеся по дну, обладают лучшими тяговыми свойствами и

проходимостью в сравнении с колесными и гусеничными аналогами [2–4].

Основная задача подводных испытаний — отработка методов управления движением подводных шагающих роботов с самоорганизующимися движителями циклового типа [5] с учетом особенностей подводных и подледных условий. При плохой видимости, как показывают испытания, оператор зачастую не успевает принимать адекватных решений в случае появления препятствия. В результате имели место случаи разрушения элементов шагающего движителя, также возможна потеря устойчивости и опрокидывание аппарата. Поэтому исследовались возможности аппарата по самоадаптации и самоуправлению в условиях неорганизованной поверхности морского.

Подводные эксперименты осуществлялись на базе подводного шагающего аппарата МАК-1 (рис. 1). Аппарат разработан в ВолГТУ для отработки методов управления движением шагающих робототехнических систем, передвигающихся по дну.

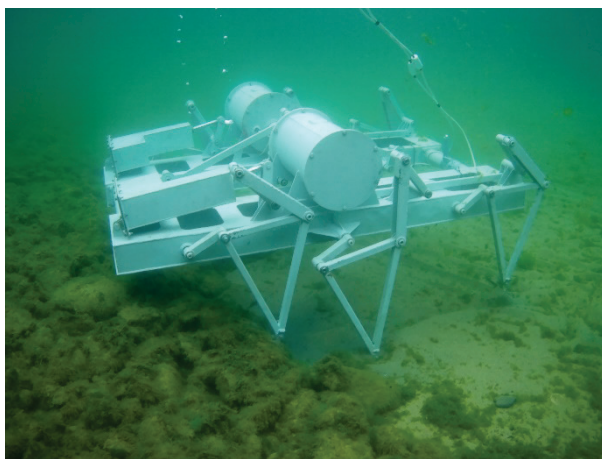


Рис. 1. Испытания подводные шагающего аппарата МАК-1

Конструктивно аппарат МАК–1 включает в себя 2 шагающих модуля соединенных сменной рамой. Шагающие модули выполнены в виде несущих балок, на которых установлены механизмы шагания и бортовой силовой привод. Бортовой привод – электрический, на базе асинхронных электродвигателей с частотным регулированием скорости вращения. Электропитание и управление осуществляется по кабелю с



берега или судна сопровождения. Поворот аппарата осуществляется за счет разных скоростей бортов либо за счет разной длины шага движителей правого и левого борта. Двигитель каждого борта аппарата состоит из 3-х механизмов шагания. Механизмы шагания – цикловые, на базе плоских механизмов. Входящие в состав движителя механизмы шагания кинематически взаимосвязаны и работают в противофазе (первый и последний механизм работают синфазно, а средний в противофазе). В аппарате реализована система пассивной адаптации стопы к опорной поверхности – разработана методика синтеза траектории опорной точки механизма шагания, обеспечивающая за счет его кинематики и трения в шарнире стопы, подъем носка стопы в фазе переноса [1, 2]. Самоадаптация стопы повышает возможности аппарата по приспособляемости к неровностям дна. Для более полной реализации возможностей движителя по профильной проходимости и маневренности в механизмах шагания аппарата реализована возможность корректировки программных движений ног [1, 2]. Она позволяет в достаточно широких пределах менять длину и высоту шага. Цикловой движитель позволяет не заботиться о сохранении походки шагающего аппарата и облегчает решение задачи обеспечения его устойчивости при движении. В результате аппарат имеет всего лишь 2 управляемые степени свободы и становится проще аналогов с адаптивным управлением ног. Например, у корейского подводного робота Crabster CR6000 шагающие движители адаптивного типа насчитывают 32 управляемых приводов, что существенно усложняет задачу согласованного управления ногами.

В подледных условиях из-за плохой подводной видимости возможности оператора по управлению подводным роботом ограничены. В ходе испытаний исследовались возможности аппарата по самоадаптации и самоуправлению в условиях неорганизованной поверхности морского дна и при отсутствии внешних управляющих воздействий. Проведена экспериментальная отработка некоторых методов самоорганизации ног в шагающем движителе циклового типа. В частности, осуществлялась отработка нечетких алгоритмов управления автономно выполняемых подводным шагающим роботом в типовых эксплуатационных ситуациях. Исследовался процесс самопроизвольной синхронизации движений ног правого и левого борта. Шагающий аппарат МАК-1 имеет независимые электропривода бортов, вместе с тем, наблюдается их самосинхронизация в процессе движения. Определенное внимание уделено экспериментальной проверке эффективности работы информационно-измерительных и навигационных систем робота в подледных условиях. Система

управления шагающего аппарата МАК-1 и ее аппаратно-программная платформа находится в стадии разработки. По сенсорным и навигационным возможностям МАК-1 пока уступает лучшим зарубежным аналогам, например, подводному шагающему роботу Crabster CR6000 с движителями адаптивного типа и планируется их существенное усиление.

Результаты подводных испытаний предполагается использовать для рационального подбора критериев оптимизации при структурном и геометрическом синтезе модульных самоорганизующихся приводов шагания циклового типа для подводных робототехнических систем, передвигающихся по дну.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-08-01180-а

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Чернышев, В. В. МАК-1 — подводный шагающий робот / В. В. Чернышев, В. В. Арыканцев // Робототехника и техническая кибернетика. 2015. № 2. - С. 45-50.
2. Chernyshev, V. V. Design and underwater tests of subsea walking hexapod МАК-1 / V. V. Chernyshev, V. V. Arykantsev, A. E. Gavrilov Y. V. Kalinin, N. G. Sharonov // Proc. of the ASME 2016 35th Int. Conf. on Ocean, Offshore and Arctic Engineering OMAE 2016. Busan, 2016. – 9 p.
3. Арыканцев, В. В., Подводные исследования тягово-сцепных свойств и проходимости шагающего аппарата МАК-1 / В. В. Арыканцев, В. В. Чернышев // Известия ЮФУ. Технические науки. 2015. № 10. - С. 169–178.
4. Chernyshev, V. V. Traction properties of walking machines on underwater soils with a low bearing ability / V. V. Chernyshev, A. E. Gavrilov // Minerals of the Ocean – 7 & Deep-Sea Minerals and Mining – 4: abs. of Int. Conf.. St. Petersburg, 2014. P. 21-24.
5. Chernyshev, V. V. Research of the walking type of movement in underwater conditions / V. V. Chernyshev, V. E. Pryanichnikov, V. V. Arykantsev, I. P. Vershinina, Y. V. Kalinin // OCEANS 2019 – Marseille: conf. proc. / Marine Technology Society, IEEE Oceanic Engineering Society. – [Publisher : IEEE], Marseille, 2019. – 6 p.

УДК 551.46.077.

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ДАТЧИКИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

**Нерсесов Б.А., Римский – Корсаков Н.А.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва,  
nba1940@yandex. ru.*

## PERSPEKTIVE MAGNETIC FIELD SENSORS

Nersesov B.A., Rimskiy – Korsakov N. A.

*Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, 36,  
Nakhimovskii prospect, Moscow, 117997*

В статье представлены основные пути создания миниатюрных датчиков магнитного поля на основе новых технологий (в частности, пьезоэлектриков и высокотемпературных сверхпроводников).

The article presents the main ways of development of miniature magnetic field sensors on the basis of new techniques (in particular ferroelectrics and high temperature superconductors).

Авторы доклада представляют перспективные технологии и параметры миниатюрных датчиков магнитного поля.

Прогресс в развитии морских магнитометрических систем (ММС) в значительной степени зависит от решения проблемы создания миниатюрных датчиков магнитного поля (ДМП) на основе новых технологий. Среди них особенно перспективны сложные оксиды, в частности, пьезоэлектрики, а также высокотемпературные сверхпроводники (ВТСП).

Разработана технология создания датчиков на основе ферроэлектрических материалов, представляющих микроструктуру из пленок пьезоэлектрического (сегнетоэлектрического) (ПЭ) и магнитострикционного (МС) материалов – микро-размерных (до 1 мкм) пленок  $Ba_{0,2}Sr_{0,8}TiO_3$  [1].

Таблица 1. Основные параметры ДМП на гетероструктурах ПЭ/МС

Наименование	Значение
Пороговая чувствительность, Тл	$10^{-10}$
Постоянная времени, с	$10^{-4}$
Диапазон рабочих температур, $^{\circ}\text{C}$	$\pm 50$
Габаритные размеры, мм	25,0x10,0x1,5
Вес, г	3,0

Анализ параметров интегральных ДМП в гетероструктурах ПЭ/МС показывает перспективу их применения из-за высокой чувствительности, селективности, отсутствия дополнительных полей смещения и большого динамического диапазона в широкой полосе регистрируемых переменных магнитных полей (табл. 1)

Разработана технология получения ВТСП пленок с использованием метода ионно-плазменного распыления, который обладает широкими возможностями по изменению режимов роста (температура, давление кислорода, скорость роста, геометрия размещения подложки и т.д.).

На базе технологии напыления ВТСП-пленок разработан сверхпроводящий квантовый интерферометр – СКВИД (SQUID – Superconducting Quantum Interference Device) – наиболее чувствительный из всех известных в настоящее время типов датчиков магнитного поля.

Использование ВТСП структур  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  позволяет обеспечить высокую чувствительность и быстродействие ДМП (табл. 2).

Таблица 2. Параметры ДМП на ВТСП СКВИДе

Наименование	Значение
Пороговая чувствительность (Тл)	$10^{-14}$
Постоянная времени (с)	$10^{-6} - 10^{-7}$
Рабочие температуры СКВИД детектора (К)	77 – 90
Габаритные размеры (мм)	10,0x10,0x2,0

Разработаны рекомендации по использованию перспективных датчиков на основе микроразмерных оксидов пьезоэлектриков (ПЭ) состава  $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{TiO}_3$  и высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) состава  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ .

- сегнетоэлектрические датчики ( $10^{-2}$  нТл) с габаритами 25,0x10,0x1,5 мм - для буксируемых и бортовых систем;
- сверхпроводниковые датчики ( $10^{-5}$  нТл), охлаждаемые до уровня азотных температур, с габаритами 10,0x10,0x2,0 мм – для береговых ММС [2].

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (тема № 0128-2021-0010, а также при поддержке РФФИ (проект № 18-05-60070 «Арктика», проект № 20-05-00384)

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Нересов Б.А., Римский – Корсаков Н.А. Статистическая магнитометрия. ФГБНУ «Аналитический центр» Министерство науки и высшей школы РФ, - М., 2020, 126 с.
2. Нересов Б.А. Морские магнитометрические системы. //Освоение глубин Мирового океана. // Изд. дом «Оружие и технологии», М. 2018 г. с. 370-374

УДК 551.46.077.

### **СТАТИСТИЧЕСКАЯ МАГНИТОМЕТРИЯ – НОВОЕ НАУЧНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ МОРСКОЙ МАГНИТОМЕТРИИ**

**Нересов Б.А., Римский –Корсаков Н.А.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва,  
nba1940 @ yandex.ru.*

### **STATISTIC MAGNETOMETRY IS A NEW SCIENTIFIC TREND OF MARIN MAGNETOMETRY**

**Nersesov B.A., Rimsky – Korsakov N. A.**

*Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, 36,  
Nakhimovskii prospect, Moscow, 117997*

В статье представлены основные положения методологических основ оценки эффективности морских магнетометров с учетом стохастического характера процесса поиска подводных объектов

In the article are presented the main thesis of meteorological basics of estimation of efficiency of marine magnetometers with considering stochastic character of the process of under water objects search.

Авторы доклада представляют основные направления исследований ИО РАН в области статистической магнитометрии - нового научного направления развития поисковой магнитометрии.

Подробно материалы методологии вероятностной оценки полосы поиска подводных объектов (ПО) приведены в монографии [1], в которой предложен новый (вероятностный) подход к алгоритму обработки статистической информации магнитометрических сигналов, определяющему ширину рекомендованных полос поиска подводных объектов с гарантированными значениями вероятностных характеристик их обнаружения.

#### 1. Разработка методологических основ оценки эффективности ММС с учетом стохастического характера процесса поиска ПО

Традиционная оценка результативности морских магнитометров проводилась без учета случайных факторов (равновероятного пространственного положения подводного объекта в полосе поиска и связанной с этим неопределенным отношением «сигнал-помеха»), приводящим к пропуску подводного объекта.

В соответствии с современными требованиями актуальной проблемой совершенствования поисковых магнитометрических средств (ММС) являются разработка методологического аппарата оценки эффективности средств обнаружения подводных объектов [2].

Определение ширины полосы обнаружения подводного объекта с гарантированными вероятностными характеристиками проводятся в соответствии с комплексной методикой, включающей:

- статистический анализ магнитограмм полезного сигнала и помехи на фиксированных расстояниях от поискового галса;

- анализ физических моделей магнитных полей ПО и буксировщика с учетом их трансформации в пространстве (от пространственного мультиполя до точечного диполя);

- выбор вида статистических моделей магнитометрических сигналов ПО и буксировщика с учетом физических моделей их магнитных полей в полосе поиска;

- выбор критерия селекции статистических моделей сигналов объекта и помехи;

- определение отношения «сигнал – помеха» в традиционной полосе поиска ПО с неопределенной вероятностью его обнаружения;

-градацию (деление) традиционной полосы поиска на отдельные полосы достаточного уровня отношений «сигнал-помеха»;

-оценку полосы поиска ПО, гарантирующую требуемую вероятность обнаружения ПО

Таким образом, методология градации гарантированных полос обнаружения ПО, исключает неопределенность отношения «сигнал-помеха», а также снижает требование повышения чувствительности датчиков магнитного поля (ДМП).

### 2. Обоснование основных характеристик процесса магнитометрического поиска подводного объекта.

Разработка методологических основ статистической магнитометрии позволяет, кроме ширины поисковой полосы с гарантированной вероятностью обнаружения ПО, обосновать основные характеристики процесса магнитометрического поиска ПО: допустимую чувствительность датчиков магнитного поля, а также длину поискового галса, определяемую длиной буксировочного троса и требуемым отношением «сигнал-помеха».

### 3. Обоснование допустимого снижения чувствительности датчиков магнитного поля

Одной из основных тенденций развития ММС первого поколения является разработка высокочувствительных (до 0,01 – 0,001 нТл) ДМП, что объясняется не вполне корректным обоснованием зависимости рекомендованной ширины полосы поиска подводного объекта, зависящей от чувствительности ДМП (без учета отношения «сигнал – помеха») [2].

### 4. Оптимизация длины буксировочного троса и повышение производительности поиска подводного объекта

Одной из особенностей создания нового поколения средств морской магнитометрии является требование к повышению производительности поиска аварийных подводных объектов авиационной и судовой техники за счет оптимизации длины буксировочного троса ММС, а также снижения протяженности поискового галса [2].

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (тема № 0128-2021-0010), а также при поддержке РФФИ (проект № 18-05-60070 «Арктика», проект № 20-05-00384)

## ЛИТЕРАТУРА

1. Нерсесов Б.А., Римский – Корсаков Н.А. Статистическая магнитометрия. ФГБНУ «Аналитический центр» Министерство науки и высшей школы РФ, - М., 2020, 126 с.
2. Нерсесов Б.А., М.С. Афанасьев М.С. Эффективность поисковых средств морской магнитометрии. ФГБНУ «Аналитический центр» Минобрнауки РФ, М., 2013г., 153с.

УДК 551.465

### **ГЛУБОКОВОДНЫЕ РАБОТЫ ГЛУБОКОВОДНЫХ ОБИТАЕМЫХ АППАРАТОВ «МИР» НА ЗАТОНУВШИХ ОБЪЕКТАХ В ОКЕАНЕ**

**Сагалеви́ч А.М.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук  
(ИО РАН), Москва. sagalev1@yandex.ru*

### **DEEP-SEA WORKS OF DEEP MANNED SUBMERSIBLES "MIR" ON SUNKEN OBJECTS IN THE OCEAN**

**Sagalevich A.M.**

*Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences (IO  
RAS), Moscow*

В докладе рассматривается техника и методика проведения научных исследований, а также подводно-технических работ на затонувших объектах в глубоком океане, проведенных с применением глубоководных обитаемых аппаратов (ГОА) «Мир-1» и «Мир-2», в течение 20 лет. Работы на затонувших объектах включали в себя комплекс поисковых операций, визуальное обследование лежащих на дне объектов, кино- и видеосъемки, измерения физических и химических параметров среды и т.д.

The report examines the technique and methodology of scientific research, as well as underwater technical work on sunken objects in the deep ocean, carried out with the use of deep-sea manned vehicles "Mir-1" and "Mir-2" for 20 years. Work on sunken objects included a complex of search



operations, visual inspection of objects lying on the bottom, filming and video filming, measurements of physical and chemical parameters of the environment, etc.

ГОА «Мир-1» и «Мир-2» (рабочая глубина – 6000 м) были созданы в 1987 году. В течение 20 лет они проводили научные исследования, а также подводно-технические работы на затонувших объектах в глубоком океане. Работы на затонувших объектах включали в себя комплекс поисковых операций, визуальное обследование лежащих на дне объектов, кино- и видеосъемки, измерения физических



Рис. 1. ГОА «Мир-1» и «Мир-2»



Рис. 2. Нос «Титаника».

и химических параметров среды и т.д. В течение 20 лет (1987-2007) было обследовано 6 крупных объектов, затонувших по различным причинам. Это крупные суда, имеющие большое историческое значение («Титаник» (3800 м), созданные для военных целей «Бисмарк» 4700 м, японская подводная лодка времен II Мировой войны «I-52» 5470 м, две отечественных подводных атомных подводных лодках «Комсомолец» (1700 м) и «Курск» (108 м), деревянная шхуна начала XIX века (4700 м). [1].

Наибольшее число глубоководных операций было сделано на «Титанике». Было снято несколько фильмов с Голливудом (включая знаменитый «Титаник»), с Национальным Географическим Обществом США, канадской фирмой IMAX и другими). Кроме того, в течение 8 экспедиций на это судно, был собран обширный научный материал, на основании которого издана книга «Океанологические исследования фронтальной зоны Гольфстрима. Полигон «Титаник». [2]. Эта книга переведена на английский язык и издана в США. Кроме того, ГОА «Мир» — это единственные аппараты, которые погружались с пассажирами. Только на «Титаник» погрузилось около 80 человек.



Рис. 3. книга «Океанологические исследования фронтальной зоны Гольфстрима. Полигон «Титаник».

На затонувшем «Бисмарке» Джеймсом Камероном был снят двухсерийный фильм для канала Дискавери, также был снят фильм Берлинским телевидением, который демонстрировался в Германии и ряде стран Европы. В район гибели «Бисмарка» было сделано 3 экспедиции, в которых помимо выполнения специальных технических задач, также был проведен комплекс научных исследований, которые имели большое значение для изучения процесса круговорота вод в Северной Атлантике и осадкообразования в этом районе. Результаты этих исследований опубликованы в ряде статей и в виде глав в некоторых монографиях.



Рис. 4. Пушки на линкоре «Бисмарк».

В район гибели АПЛ «Комсомолец» ГОА «Мир» совершили семь экспедиций (1989-1995), в течение которых велись полигонные исследования с проведением отбора проб осадков и придонной воды, а также специальные измерения в разных районах лодки с целью изучения радиационного фона и возможных точек выхода радионуклидов из корпуса лодки. Эти работы были очень важны для

определения дальнейшей судьбы лодки и ее влияние на экологию района Норвежского моря, в котором она затонула.

В районе гибели АПКр «Курск» ГОА «Мир» работали один раз – в сентябре 2000 г. – после ее гибели. На базе этих исследований было решено организовать подъем «Курска», что и было сделано в 2001 году с помощью зарубежных компаний.

На японскую подводную лодку «I-52» было сделано 13 погружений. В то время в ноябре 1998 года НИС «Академик Мстислав Келдыш» был арендован одной из американских фирм для поисков определенного груза (золота), который якобы везла эта лодка в Германию, как расплату японцев за какие-то услуги. «Миры» выполнили 13 погружений, во время которых детально обследовали лодку, лежащую на дне, но никаких намеков на драгоценный груз не нашли. Для команды «Миров» этот эксперимент был интересен, ибо «I-52» была самым глубоководным объектом из всех обследованных.

Деревянная шхуна длиной около 30 метров была найдена на глубине 4700 м в районе между Бермудскими и Багамскими островами. На монетах, поднятых со шхуны, был обозначен 1807 год. Со шхуны были подняты некоторые предметы кухонной утвари и небольшое количество серебряных монет. В экспедиции присутствовал представитель Морского Музея из Орlando, которому и были переданы все поднятые предметы.

В заключение следует отметить, что в результате большого комплекса глубоководных операций на затонувших объектах команда «Миров» приобрела бесценный опыт проведения подобных работ. [3]. Оценив этот опыт, а также комплекс научных исследований, проведенных «ГОА «Мир», Морское Технологическое Общество США признало команду «Миров» лучшим глубоководным коллективом в мире, вручив приз «Международный Компас».

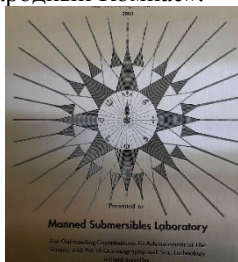


Рис. 5. Приз «Международный Компас».

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (Тема № 0128-2021-0011) Технологии широкого спектра наблюдений в

гидросфере на базе подводных робототехнических комплексов, обитаемых аппаратов и систем: разработка подводных аппаратов и роботизированных телеуправляемых платформ с сетевой архитектурой для мониторинга гидросферы, в том числе на предельных глубинах в Мировом океане.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А.М.Сагалевиц. Глубина. Научный Мир, 2002, с.318.
2. Океанологические исследования фронтальной зоны Гольфстрима Полигон "Титаник" / Рос. акад. наук. Ин-т океанологии им. П.П. Ширшова; Отв. редакторы: А.М. Сагалевиц [и др.]. - М.: Наука, 2002. - 285 с.
3. Sagalevich, A.M. 2018. 30 years experience of Mir submersibles for the ocean operations. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography. 155: 83-95.

УДК: 626.02:574.2:66.074

#### **ПРИНЦИПЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОДОЛАЗОВ В БАРОКАМЕРЕ**

**Яхонтов Б.О.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН  
Нахимовский пр., 36, 117997, г. Москва, 8(499)124-79-92,  
giper28@ocean.ru*

#### **PRINCIPLES OF LIFE SUPPORT FOR DIVERS IN THE PRESSURE CHAMBER**

**Yakhontov B.O.**

*Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences,  
36, Nakhimovskii prospect, Moscow, 117997*

Рассматриваются основные принципы и условия обеспечения относительно нормальной жизнедеятельности водолазов в барокамерах, реализуемые технической системой жизнеобеспечения.

The basic principles and conditions for ensuring the relatively normal life of divers in pressure chambers, implemented by the technical life support system, are considered.

Любая водолазная барокамера представляет собой замкнутый объем с искусственной атмосферой, параметры которой могут изменяться в зависимости от имитируемой глубины и условий пребывания. Газовый состав, количественное соотношение газовых компонентов в смеси, ПДК вредных примесей, температура, влажность и другие параметры микроклимата должны измеряться и поддерживаться на заданном уровне с высокой точностью на всех стадиях водолазного «спуска» от начала компрессии до выхода водолаза из камеры.

Наземные водолазные комплексы, в том числе для разработки и освоения технологий водолазных погружений в научных целях, состоят из двух частей – барокамера и система жизнеобеспечения. Барокамера – это техническое средство для моделирования глубин и условий погружения человека в воду. Система жизнеобеспечения (СЖО) представляет собой совокупность технических средств, предназначенных для создания, изменения и поддержания в отсеках барокамер условий для относительно нормальной жизнедеятельности людей в период их пребывания, в том числе многосуточного, под повышенным давлением. Очевидно, что основной функцией СЖО является формирование и поддержание на заданных уровнях в диапазоне допустимых значений параметров дыхательной газовой среды (ДГС) и микроклимата в замкнутом объеме барокамеры [1].

Требования к СЖО распространяются в основном на параметры: давления, температуры, влажности, кислорода и системы их регулирования и поддержания на заданном уровне, а также на вредные примеси, запахи и системы очистки дыхательной газовой среды (ДГС). Это обусловлено тем, что все эти факторы оказывают прямое влияние на физиологические системы организма водолаза и его работоспособность [2]. Давление, как основной неизбежно действующий фактор, по величине не нормируется, его действие на функции организма изучается в пределах задаваемых величин с целью установления допустимого для практического использования предела доступных человеку глубин. В этих пределах давление ограничивается

только использованием тех или иных газовых смесей, воздуха, кислорода и других факторов. Причем, и в этих случаях давление ограничивается не влиянием самого давления, а отрицательным влиянием таких факторов как, например, наркотическим действием азота при дыхании сжатым воздухом (спуски ограничиваются глубиной 60 м), токсическим действием кислорода (кратковременные спуски ограничиваются глубиной 20 м). Токсичность кислорода является основным фактором, который учитывается при нормировании его парциального давления при длительном пребывании в условиях гипербарии. СЖО должна обеспечивать его поддержание на безопасном уровне, который при длительном (многосуточном) пребывании в условиях гипербарии находится в пределах 0,25-0,30 кгс/см<sup>2</sup>. Это умеренно гипероксический, но не токсический уровень PO<sub>2</sub>. При относительно кратковременных циклах работ PO<sub>2</sub> может повышаться до 0,6-0,7 кгс/см<sup>2</sup>, а в некоторых случаях и до больших величин, что учитывается при разработке систем жизнеобеспечения для барокамерных и подводных систем.

Температурные параметры в барокамере определяются зонами температурного комфорта при использовании дыхательных смесей с азотом или с гелием. При этом следует учитывать, что с повышением давления комфортная температура среды повышается, а зона комфортных температур сужается. В любом случае система поддержания температуры в составе СЖО, как и других параметров, должна работать в широком диапазоне температур, превышающем комфортный, или допустимый.

Верхний допустимый предел относительной влажности (в диапазоне 60-80%), кроме общего дискомфорта, лимитируется возможным размножением микрофлоры при более высокой относительной влажности.

Функционирование систем очистки газовой среды от вредных примесей направлено на их ликвидацию и недопущение превышения ПДК. Скорость накопления примесей зависит от количества людей в камере, их физической активности, от объема камеры. Все примеси, как правило, эндогенного происхождения, в редких случаях их источником могут быть газы, используемые для формирования ДГС или находящиеся в камере материалы и работающие аппараты.

За пределами допустимого диапазона величин каждого параметра компенсаторные реакции организма недостаточны для поддержания его функциональных возможностей на оптимальном уровне, поэтому СЖО должна иметь эффективные подсистемы поддержания заданных величин физических параметров в пределах допустимых значений.

Следует отметить, что человек, кроме основных четырех компонентов (инертный газ, кислород, двуокись углерода и водяные пары), выделяет в атмосферу камеры сотни микропримесей летучих соединений [3], которые накапливаются и при неадекватной системе очистки отрицательно влияют на организм. Но если и возможно произвести хотя бы качественный анализ этих загрязнений, то полностью очистить от них атмосферу вряд ли возможно. В настоящее время контроль ограничивается, кроме вышеотмеченных, окисью углерода (CO), углеводородами (СН), аммиаком (NH<sub>3</sub>), сероводородом (H<sub>2</sub>S) и некоторыми другими примесями.

Системы жизнеобеспечения гипербарических комплексов имеют системы ручного и автоматического регулирования основных физических параметров.

Основной в составе общей СЖО является подсистема регенерации, кондиционирования и очистки ДГС, включающая герметичные нагнетательные агрегаты, аппараты поглощения CO<sub>2</sub>, осушители, фильтры очистки от вредных примесей, теплообменники, воздухораспределители, контуры холодной, горячей и оборотной воды. Это наиболее ответственная система, так как она работает непрерывно в течение всего длительного цикла работ.

Подсистемы компрессии и декомпрессии, контроля газового состава ДГС и физических параметров среды направлены на изменение и поддержание давления ДГС в отсеках камер, поддержания парциального давления кислорода и других параметров среды, подготовки и подачи аварийной дыхательной смеси и на реализацию других функций.

Не менее важное место в составе общей СЖО занимают коммуникационные системы связи водолазов с электронной коррекцией речи в гелиевой среде и телевизионного контроля водолазов в отсеках барокамеры и в гидротанке при работе под водой.

Любая система длительного жизнеобеспечения имеет в своем составе подсистемы электроснабжения, водоснабжения, канализации, пожаротушения.

В целом СЖО должна обеспечивать соблюдение медико-технических, физиолого- и санитарно-гигиенических требований к барокамерам и дыхательной среде в процессе имитационных водолазных погружений и работы в условиях повышенного давления.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (тема № 0128-2021-0010)

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Яхонтов Б.О. Структура и функции систем жизнеобеспечения для водолазных барокамер // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2018. – №11. – С. 34-39.
- 2 Яхонтов Б.О. Физиологические и технические принципы обеспечения жизнедеятельности водолазов в гипербарических камерах // Современные методы и средства океанологических исследований: материалы XII Международной научно-технической конференции «МСОИ-2011». – Москва, 2011. – Т. 2. – С. 218-221.
- 3 Синяк Ю.Е. Актовая речь «Системы жизнеобеспечения обитаемых космических объектов (Прошлое, настоящее и будущее)». – М., 2008. URL: [http://light-water.ucoz.ru/statii/aktovaja\\_rech\\_ju.e-sinjaka-sistemy\\_zhizneobespeche.pdf](http://light-water.ucoz.ru/statii/aktovaja_rech_ju.e-sinjaka-sistemy_zhizneobespeche.pdf). (дата обращения 20.12.2020).

УДК 626.02:54.08

### **СИСТЕМА ГАЗОВОГО АНАЛИЗА И ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СРЕДЫ В ВОДОЛАЗНОЙ БАРОКАМЕРЕ**

**Яхонтов Б.О.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН  
Нахимовский пр., 36, 117997, г. Москва, 8(499)124-79-92,  
giper28@ocean.ru*

### **SYSTEM FOR GAS ANALYSIS AND MEASUREMENT OF PHYSICAL PARAMETERS OF THE ENVIRONMENT IN A DIVING PRESSURE CHAMBER**

**Yakhontov B.O.**

*Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences,  
36, Nakhimovskii prospect, Moscow, 117997*

Обсуждается построение и функционирование системы газового анализа и измерения основных физических параметров среды в водолазной барокамере.



The structure and functioning of the system of gas analysis and measurement of the main physical parameters of the environment in a diving pressure chamber are discussed.

Для обеспечения полного цикла газоанализа и измерения физических параметров гипербарической среды в барокамере необходимо наличие в системе жизнеобеспечения (СЖО) комплекса аппаратуры и оборудования: контрольно-измерительные приборы, средства подготовки анализируемой смеси для анализа, оборудование для приготовления калибровочных газовых смесей, компьютерные системы обработки результатов анализа [1]. Такие комплексы включают в себя блоки непрерывного анализа кислорода и углекислого газа, вредных примесей, непрерывного измерения давления, температуры и влажности. Основное требование к комплексу – он должен сохранять свои технические и эксплуатационные характеристики при непрерывной работе в течение времени, предусмотренного водолазным «спуском» в барокамере.

На рисунке 1 представлена блок-схема системы, которая разработана для контроля параметров дыхательной газовой среды (ДГС) в исследовательской водолазной барокамере и является частью системы жизнеобеспечения [2].

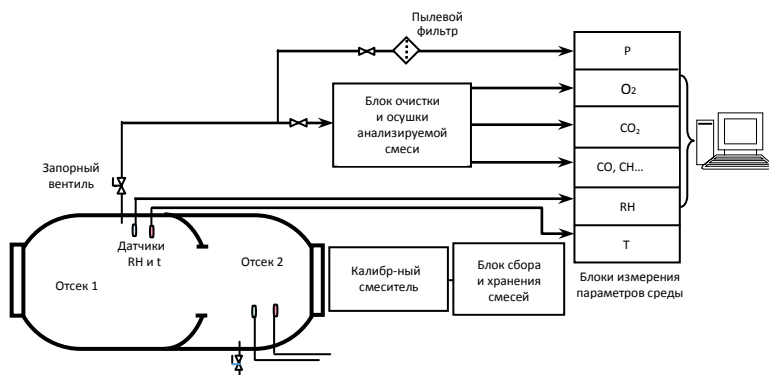


Рис. 1. Блок-схема системы газоанализа и измерения физических параметров среды в отсеках барокамеры (для отсека 2 блок-схема аналогичная)

Независимо от способа газового анализа (анализ в редуцированной смеси или при рабочем давлении в барокамере)

показанная схема подачи смеси на анализатор не изменяется. Разница состоит лишь в том, что во втором случае блок очистки и осушки смеси и датчики  $O_2$ ,  $CO_2$  и других газов заключены в специальные гипербарические боксы, выдерживающие тоже рабочее давление, что и в барокамере. При этом блок анализатора должен быть снабжен побудителем расхода смеси с системой её возврата в камеру. Это исключает снижение давления в барокамере при непрерывном анализе ДГС. При анализе редуцированной смеси небольшое падение давления в отсеках барокамеры компенсируется системой поддержания давления в составе СЖО. Но поэтому данный способ контроля среды приемлем только для периодического анализа. При анализе гипербарической среды газовая смесь поступает из барокамеры в блоки очистки и осушки, которые могут монтироваться и в аппаратных стойках.

Очистка направлена на удаление механических загрязнений и газовых вредных примесей, искажающих результаты анализа. Обработанная для анализа смесь поступает по отдельным газовым магистралям на анализаторные блоки, входящие в состав приборных стоек, количество которых должно соответствовать количеству отсеков в барокамере. В идеале комплекс газового анализа комплектуется смесителем для приготовления калибровочных смесей с блоком сбора и хранения смесей в специальных баллонах.

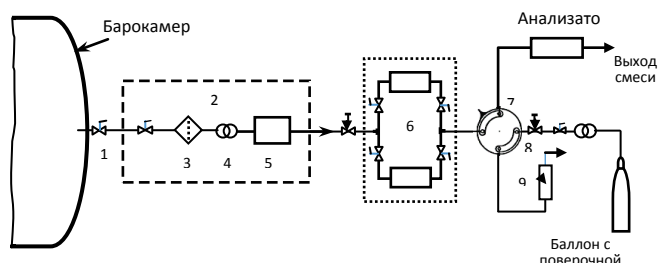


Рис. 2. Схема блока очистки, осушки газовой смеси и калибровки газоанализаторов при анализе редуцированной смеси

1- запорный вентиль, 2 - блоки очистки и первичной осушки анализируемой газовой смеси, 3 - пылевой фильтр, 4 - регулятор давления, 5 - холодильная группа, 6 - блок вторичной осушки с двумя фильтрами с силикагелем, 7 - кран отбора проб, 8 - вентиль тонкой регулировки расхода смеси, 9 - расходомер

Электрические сигналы от расположенных в барокамере датчиков влажности и температуры подаются через гермоводы по

кабелям на регистрирующие приборы, установленные в приборных стойках.

Одной из основных составляющих системы газового анализа является система очистки, осушки и калибровки анализаторов, поскольку механические примеси, влажность, температура и некоторые газовые компоненты влияют на показания приборов. Такая система представлена на рисунке 2 по одному каналу, хотя их может быть несколько, как показано на рисунке 1.

Смесь из барокамеры через газовую магистраль с запорным вентилем (1) подается на пылевой фильтр (3). Редуктор (4) снижает давление до 3 кгс/см<sup>2</sup>. Под этим давлением смесь подается на блок охлаждения (5), в котором при температуре 2°С, влага высаживается в виде конденсата и удаляется путем слива в емкость. Остатки влаги удаляются в блоке вторичной осушки (6) двумя селикагелевыми фильтрами, которые могут работать раздельно или одновременно.

Кроме механических примесей и влаги, на результаты анализа могут влиять и газовые примеси, которые в малых концентрациях неизбежно присутствуют в дыхательной среде гипербарических камер [3]. Но эти влияния относятся не ко всем методам анализа. При работе, например, с «циркониевым» анализатором кислорода отрицательное влияние на результат анализа оказывают примеси Н<sub>2</sub>, СО и СН. Поэтому в систему подготовки смеси к анализу необходимо включать специальные очистители от вредных для анализа примесей. Водород и окись углерода могут удаляться очистителями с адсорбирующими металлами: палладий, родий или рутений, нанесенными на сита. Углеводороды могут быть удалены путем их окисления с использованием МnО<sub>2</sub> до СО<sub>2</sub> и Н<sub>2</sub>О. Очищенная и осушенная смесь поступает на анализатор через специальный пробоотборный кран (7). Этот кран, работающий в ручном или автоматическом режиме, позволяет в любой момент перейти от анализа к проверке калибровки анализатора. Микровентилем (8) на ротаметре (9) устанавливается расход смеси, который при работе в ручном режиме прерывается с помощью вентиля. При работе в автоматическом режиме основным элементом схемы является электромагнитный клапан-переключатель газовых потоков, который управляется компьютером.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (тема № 0128-2021-0010)

## ЛИТЕРАТУРА

1. Kurenkov G.I., Le Levier A., Jachontov B.O., Rozhkov A.V. Real time analysis systems of the physical parameters of the environment and the state of a human organism for a long term exposure at different gas mixtures and pressure up to 100 bar // Proceedings of the Space Sea Colloquium. (Paris, sept.1990. ESA SP-312). – Paris, 1990. – P. 31-35.
2. Яхонтов Б.О. Принципы измерения биофизических параметров среды в водолазных барокамерах // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2020. – № 7. – С.7–13.
3. Глубоководные водолазные спуски и их медицинское обеспечение / В.В. Смолин, Г.М. Соколов, Б.Н. Павлов, М.Д. Демчишин. – М.: Слово, 2004. – Т.2. – 723 с.

УДК 519.876.5

### **ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ОБРАТНОЙ ПОЗИЦИОННОЙ ЗАДАЧИ КИНЕМАТИКИ В СРЕДЕ SIMMECHANICS**

**Ветюгов Н.С.<sup>1</sup>, Смирнов И.А.<sup>2</sup>, Елкин А.В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Институт океанологии им. П.П. Ширшова (ИОРАН) 117851  
Нахимовский пр-кт, 36, т. 89645753437, nickita\_98@mail.ru*

<sup>2</sup>*Московский государственный технический университет им. Н.Э.  
Баумана, 105005 г. Москва, т. 89854358745, smirnovivan\_198@mail.ru  
Институт океанологии им. П.П. Ширшова (ИОРАН) 117851  
Нахимовский пр-кт, 36, т.89161430190, elkin@gnomrov.ru*

### **VISUALIZATION OF THE INVERSE POSITIONAL KINEMATICS PROBLEM IN THE SIMMECHANICS**

**Vetyugov N. S<sup>1</sup>., Smirnov I. A<sup>2</sup>., Elkin A.V.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, 36,  
Nakhimovskii prospect, Moscow, 117997*

<sup>2</sup>*Bauman Moscow State Technical University, 105005 Moscow*

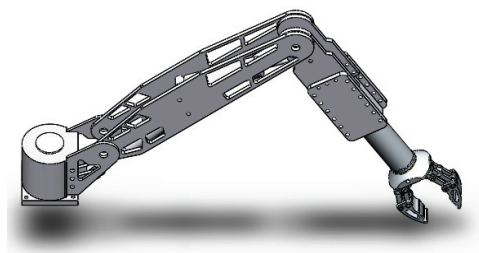
В статье рассматриваются возможности среды моделирования MatLab для проверки правильности решения обратной задачи кинематики

трёхстепенного манипулятора, применение пакета Simmechanics для визуализации решения и проверка решения обратной задачи кинематики путем подачи на вход координаты в пространстве. В ходе работы над статьёй проводилось исследование: современных методов проверки решения ОЗК, возможностей визуального представления решений ОЗК в среде MatLab для наглядного определения положения и ориентации звеньев манипулятора в пространстве.

The paper considers the possibilities of the MatLab modeling environment for verifying the correctness of solving the inverse kinematics problem of a three-stage manipulator, using the Simmechanics package to visualize the solution, and verifying the solution of the inverse kinematics problem by entering coordinates in space. In the course of writing the article, the study was conducted: modern methods of testing the solution UGC, visual representations of the solutions of the UGC in the MatLab environment to visually determine the position and orientation of links of the manipulator in space.

Для выполнения работ, требующих большие усилия, необходимы гидроприводные манипуляторы. Такие манипуляторы часто используются на обитаемых подводных аппаратах, а также могут устанавливаться на телеуправляемые необитаемые подводные аппараты рабочего класса.

Существует несколько типов управления манипулятором: по заданию скорости перемещения рабочего органа, по заданию его положения в пространстве и по заданию траектории его перемещения. В данной

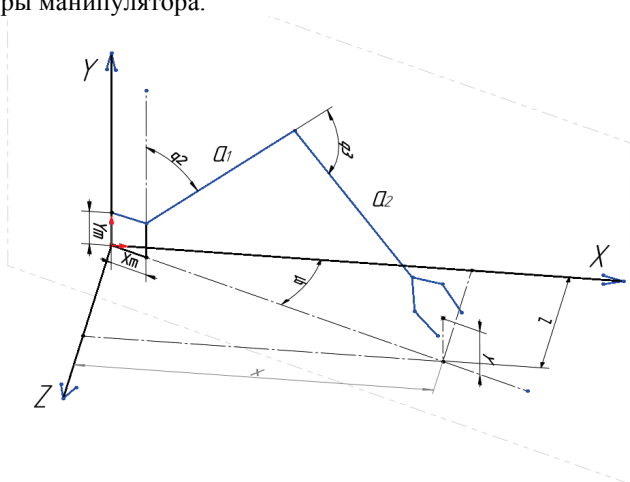


3D-модель трёхстепенного манипулятора

работе изучена кинематика трёх-степенного манипулятора, на примере решенной обратной задачи кинематики манипулятора выполнена проверка правильности решения при помощи пакета MatLab, сделаны выводы о правильности решения.

В качестве объекта исследования взята модель трёхстепенного манипулятора представленная на рисунке. Длины плеча и предплечья которого соответственно равны  $a_1 = 0,34$  м и  $a_2 = 0,39$  м.

При построении как системы управления, так и решения обратной задачи кинематики чаще всего за обобщенные координаты принимаются углы поворота звеньев друг относительно друга. Таким образом, для данного манипулятора кинематическая схема представлена на рисунке, где показаны все необходимые данные для понимания структуры манипулятора.



Кинематическая схема выбранного манипулятора

В качестве обобщенных координат приняты:

- $q_1$  – угол поворота манипулятора вокруг оси  $Z_0$ ;
- $q_2$  – угол наклона первого звена относительно основания;
- $q_3$  – угол наклона второго звена относительно первого.

Граничные значения углов поворота, обусловленные механическими ограничениями поворота звеньев друг относительно друга равны:  $-90^\circ < q_1 < 90^\circ$ ,  $25^\circ < q_2 < 115^\circ$ ,  $30^\circ < q_3 < 135^\circ$ .

При помощи системы Simmechanics можно проверить и визуализировать решение обратной задачи кинематики, задав произвольное положение манипулятора в пространстве при помощи пакета SolidWorks. Там же определим координаты  $X, Y, Z$  конечного звена манипулятора и при помощи встроенных функций этого пакета и определим углы поворота звеньев друг относительно друга. Значения углов можно сравнить со значениями, полученными в пакете MatLab, записав значения координат  $X, Y, Z$  на вход системы. По результатам проверки решение обратной задачи кинематики удовлетворяет требованиям, поставленным в работе. Таким образом, для выбранной кинематической модели трёхстепенного манипулятора телеуправляемого подводного аппарата успешно решена обратная задача кинематики и полученный результат проверен при помощи средства автоматизированного проектирования Solidworks и среды моделирования MatLab. Возможности пакета Simmechanics позволяют делать выводы о правильности решения обратной задачи кинематики многостепенных манипуляторов с учетом взаимосвязей между звеньями.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (тема № 0128-2021-0011).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Юревич Е.И. Основы робототехники: учеб. пособие. – 4-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2018. – 304 с.: ил. – (Учебная литература для вузов).
2. Лесков А.Г. Кинематика и динамика исполнительных механизмов манипуляционных роботов: учебное пособие / А.Г. Лесков, К.В. Бажинова, Е. В. Селиверстова. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 102, [2] с.: ил.
3. Мусалимов В.М., Г.Б. Заморуев, И.И. Калапышина, А.Д. Перечесова, К.А. Нуждин. Моделирование мехатронных систем в среде MATLAB (Simulink / SimMechanics): учебное пособие для высших учебных заведений. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 114 с.
4. Underwater remotely operated vehicle “GNOM”, [gnomrov.com](http://gnomrov.com).

**СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ АНАЛИЗА  
ВЛИЯНИЯ ДИНАМИКИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПРИВОДОВ НА  
ТОЧНОСТЬ ТРАЕКТОРНОГО ДВИЖЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРА**

**Ветюгов Н.С.<sup>1</sup>, Смирнов И.А.<sup>2</sup>, Розман Б.Я.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Институт океанологии им. П.П. Ширшова (ИОРАН) 117851  
Нахимовский пр-кт, 36, т. 89645753437, nickita\_98@mail.ru*

<sup>2</sup>*Московский государственный технический университет им. Н.Э.  
Баумана, 105005 г. Москва, т. 89854358745, smirnovivan\_198@mail.ru*

CREATION OF A CONTROL SYSTEM TO ANALYZE THE  
INFLUENCE OF THE DYNAMICS OF THE ACTUATORS ON THE  
ACCURACY OF THE TRAJECTORY MOVEMENT OF THE  
MANIPULATOR

Vetyugov N. S.<sup>1</sup>, Smirnov I. A.<sup>2</sup>, Rozman B. Ya.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, 36,  
Nakhimovskii prospect, Moscow, 117997*

<sup>2</sup>*Bauman Moscow State Technical University, 105005 Moscow*

В статье рассматривается создание системы управления электромеханическим подводным манипулятором и анализ влияния динамики системы на точность траекторного движения манипулятора. По результатам проектирования систем управления приводами составлены структурные схемы и проведен синтез корректирующих устройств, после которого системы управления приводами стали обладать следующими параметрами – отсутствие перерегулирования, время переходных процессов  $t_{пп1} = 1,25$  с и  $t_{пп2} = 3,25$  с. Была составлена полноценная модель манипулятора, включающая в себя: уравнения прямой и инверсной кинематики, уравнения динамики, твердотельную модель манипулятора, синтезированы системы управления звеньями. С помощью полученной модели произведено исследование влияния динамики приводов на точность отработки манипулятором заданной траектории.

The article deals with the creation of a control system for an electromechanical underwater manipulator and the analysis of the influence



of the system dynamics on the accuracy of the trajectory movement of the manipulator. Based on the results of the design of the drive control systems, block diagrams were drawn up and the synthesis of correction devices was carried out, after which the drive control systems began to have the following parameters – no overshoot, transient time 1.25 s and 3.25 s. A full-fledged model of the manipulator was compiled, including: equations of direct and inverse kinematics, equations of dynamics, a solid-state model of the manipulator, and link control systems were synthesized. With the help of the obtained model, the influence of the drive dynamics on the accuracy of the manipulator working out a given trajectory is studied.

Современные робототехнические комплексы (РК), такие как подводные манипуляционные роботы, играют важную роль в современных океанографических исследованиях, нефтяной отрасли и в подводных инженерных работах. Точность отработки задающего сигнала, надежность, широкий диапазон возможностей и исполнений, а также возможность осуществления работ в экстремальных условиях и труднодоступных местах делают РК незаменимым инструментом. Поэтому разработка системы управления (СУ), учитывающей динамические свойства рассматриваемой системы, является актуальной темой.

В качестве кинематической схемы была выбрана схема SCARA – кинематика, в основе которой лежит рычажная система.

Итоговая структурная схема модели манипулятора представлена на рисунке.

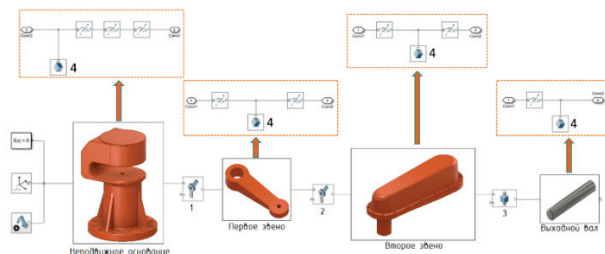


Рис.1 Структурная схема твердотельной модели

На рисунке 1 обозначены:

- 1, 2 – вращательные степени подвижности;
- 3 – поступательная степень подвижности;

4 – твердые тела, импортированные из Autodesk Inventor Professional 2019.

Манипулятор с кинематической схемой типа SCARA имеет 3 степени подвижности: две вращательные и одну поступательную. Для реализации вращательных степеней подвижности, необходимо учесть динамику исполнительных приводов (двигателя и редуктора). В решении ОПКЗ привод поступательного перемещения не участвует, поэтому в данной работе он рассмотрен не будет. Иллюстрация перемещений, обеспечивающихся с помощью приводов, представлена на рисунке 2.

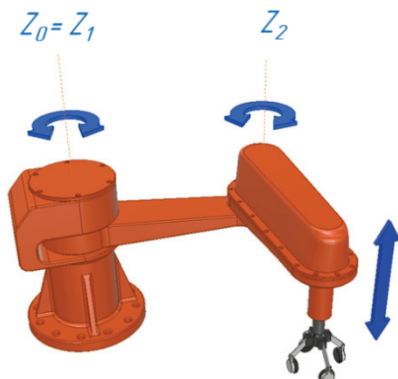


Рисунок 2 – Степени подвижности манипулятора

В качестве примера в данной статье приведен алгоритм выбора одного привода манипулятора, его расчет, синтез СУ приводом, а также полученные характеристики на выходе СУ. Все расчеты второго привода производятся аналогичным образом.

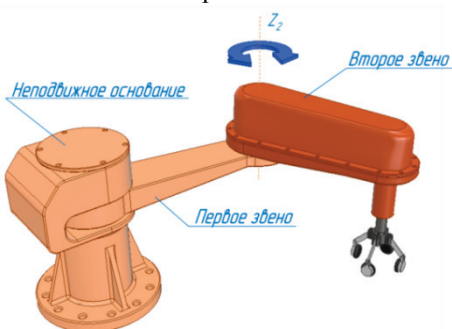


Рисунок 3 – Вращение второго звена манипулятора относительно первого звена

Получены следующие характеристики:

- время переходного процесса при входном ступенчатом сигнале в 1 градус  $t_{\text{пп}}^1 = 1,25$  с.

- время переходного процесса при входном ступенчатом сигнале в 180 градусов  $t_{\text{пп}}^{180} = 4,2$  с.

Для сложных замкнутых повторяющихся траекторий сохраняется потребность в предварительном позиционировании рабочей точки манипулятора в начале траектории.

При исследовании движения по траекториям были получены следующие данные:

- при движении вдоль прямой ошибка составила 1,2 мм;

- при движении по замкнутой окружности ошибка составила 1,1 мм;

Полученные характеристики удовлетворяют указанным в техническом задании требованиям по точности обработки манипулятором заданной траектории.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (тема № 0128-2021-0011).

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Юревич Е.И. Основы робототехники: учеб. пособие. – 4-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2018. – 304 с.: ил. – (Учебная литература для вузов).
2. Лесков А.Г. Кинематика и динамика исполнительных механизмов манипуляционных роботов: учебное пособие / А.Г. Лесков, К.В. Бажинова, Е. В. Селиверстова. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 102, [2] с.: ил.
3. Мусалимов В.М., Г.Б. Заморуев, И.И. Калапышина, А.Д. Перечесова, К.А. Нуждин. Моделирование мехатронных систем в среде MATLAB (Simulink / SimMechanics): учебное пособие для высших учебных заведений. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 114 с.
4. Underwater remotely operated vehicle “GNOM”, [gnomrov.com](http://gnomrov.com).

УДК 629.584

## **ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОННЫХ СТАНЦИЙ И ОБСЕРВАТОРИЙ ДЛЯ ЗАДАЧИ КЛИМАТА**

**Комаров В.С.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 117997,  
Нахимовский проспект, 36, 117997, г. Москва, 8(499)129 20 45*

## **TOOLS FOR BOTTOM STATIONS AND DISRUPTORS FOR CLIMATE CHALLENGE**

**Komarov V.S.**

*Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, 36,  
Nakhimovskii prospect, Moscow, 117997*

Масштабные исследования законов формирования климата требуют инструментальных океанологических исследований в режиме реального времени термодинамических, гидрологических, гидрофизических и других параметров для построения прогностической математической модели климата. В работе рассмотрим способ инструментальной организации донной обсерватории.

Large-scale studies of climate laws require instrumental oceanological research in real time thermodynamic, hydrological, hydrophysical and other parameters to build a predictive mathematical model of the climate. In the paper, we will consider the way of instrumental organization of the donna observatory.

Построение достоверной и прогностической модели климата возможно только на основе фундаментального массива инструментальных данных от репрезентативной сети донных комплексных океанологических станций и обсерваторий. Создание и обустройство таких обсерваторий не простая задача и требует больших затрат, функциональной инспекции и информационной связи с океанологическим инструментарием: мультипараметрическими, гидрологическими, сейсмическими и гидрохимическими станциями, профилометрами, и т.п [1]. А, также, для выполнения коммуникативных задач нужны телеуправляемые или автономные подводные аппараты

(ПА). Такой аппарат должен содержать акустический канал поиска и управления и базироваться на центральном энергетическом блоке, имеющем выход на спутниковую связь. Вероятным решением этой задачи может быть решение, аналогичное в [2]. Здесь предложен гидроакустический способ определения места ПА по акустическому излучению установленного на нём пингера и управления его движением со стороны судна обеспечения, на котором размещён генератор стандартных акустических сигналов с частотой, равной частоте пингера и частотный смеситель. Установленные на судне обеспечения генератор опорных стандартных сигналов и пингер на подводном аппарате, включаются одновременно и в одной географической точке. Таким образом, оба источника совмещены и синхронизированы. При этом, сигналы пингера принимаются судовой антенной, усиливаются и передаются на вход измерителя временного смещения (смесителя), а на второй вход смесителя подаются опорные сигналы судового генератора, где сравниваются их с принятыми одноименными сигналами пингера и таким образом вычисляют их временное смещение  $\Delta T$  опорного и принятого от пингера сигналов, умножая которое на скорость звука «с», получают расстояние «R» по лучу от пингера до антенны:  $R = \Delta T * c$ . Вместе с тем, используя судовую приемную антенну дипольного типа с явным «*main*» диаграммы направленности и вращая ее относительно вертикальной оси, фиксируют пеленг места пингера ПА относительно судовых координат по *main* амплитуды принимаемого сигнала, а также, используя судовой эхолот, определяют глубину акватории *h*, с помощью которой из геометрического построения прямоугольного треугольника, где *R* - гипотенуза, *h* - катет, а второй катет, как проекцию гипотенузы *R*, на горизонтальную поверхность дна, что в совокупности с углом пеленга определяет координаты местоположения ПА относительно судна.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (темы № 0128-2021-0010, № 0128-2021-0011) при поддержке РФФИ (проекты № 20-05-00384 «А» и № 18-05-60070 «Арктика»)

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Комаров В.С. О проекте донной океанологической обсерватории в обеспечение задачи модели климата. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований (ISSN 1996-3955 ИФ РИНЦ = 0,580), стр. 36-42
2. Комаров В.С., Ключев М.С., Шрейдер А.А. Гидроакустический способ определения местоположения автономного подводного аппарата. Патент РФ № 2593651 от 6.09.2015 г.

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРИЕМА СИГНАЛОВ ПИНГЕРА

**Носов А.В., Тихонова Н.Ф., Демидова Т.А.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН  
117997, Москва, Нахимовский проспект, д. 36, a\_v\_nos@mail.ru*

### PINGER SIGNAL RECEIVER

Nosov A.V., Tikhonova N.F., Demidova T.A.

*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Science  
36, Nahimovskiy prospect, Moscow, Russia, 117997*

Приведено краткое описание устройства для обеспечения синхронизации приема сигналов пингера с моментами излучения, их оцифровки и передачи внешним устройствам для отображения

A brief description of the device for ensuring synchronization of the reception of pinger signals with the moments of emission, their digitization and transmission to external devices for display is given.

Устройство для приема сигналов пингера предназначено для приема, предварительной аналоговой обработки и передачи в компьютер сигналов, поступающих от пингера через доступные приемные акустические системы [1]. Устройство производит высокоточную ( $10^{-6}$ ) синхронизацию циклов приема с циклами излучения пингера, ввод сигналов через усилитель и аттенуатор, их оцифровку со скоростью 120 кГц, узкополосную цифровую фильтрацию с выделением квадратур, вычисление амплитуды и передачу данных в компьютер. По умолчанию устройства настроено на частоту приема 12 кГц, при использовании других частот возможна оперативная перенастройка. Полоса фильтрации определяется оператором и составляет от 500 до 2000 Гц.

Конструктивно устройство включает в себя следующие составные части: корпус с электронными платами устройства и аккумулятором, сетевой адаптер, кабель прямой полный интерфейс RS232 (разъем DB9) для подключения к компьютеру, а также лабораторный акустический приемник для настройки синхронизации.

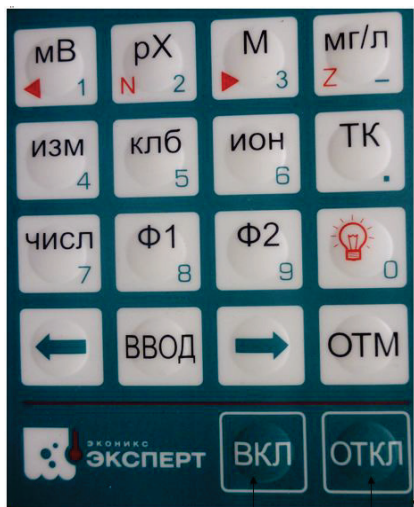


Рис. 1. Клавиатура интерфейсного устройства.

Управление работой интерфейса производится как по командам из компьютера, так и с помощью собственной клавиатуры (Рис.1). Для начала работы нужно включить питание прибора кнопкой «ВКЛ». При этом на мониторе устройства сначала появится заставка с информацией о приборе, а затем рабочее меню (Рис. 2).

На Рис. 2 представлен вид встроенной в устройство клавиатуры для управления интерфейсом: переключения усиления, перестройки частоты, старта периодического автоматического ввода данных и его завершения.

Для изменения коэффициента усиления входного сигнала устройство имеет ряд возможностей. Первая – прямой ввод семибитного кода на переключаемые резисторы двухкаскадного усилителя. Допустимые значения кода – 0 – 127. Для ввода кода нажмите кнопку «1». Устройство предложит ввести код путем индикации моргающего курсора. Наберите число и подтвердите его нажатием кнопки «ВВОД». Курсор исчезнет, число окажется в соответствующем месте на экране, устройство произведет установку выбранного усиления. Кнопки стрелок вправо и влево позволяют изменять установленное значение на единицу в большую и меньшую сторону.



Рис. 2. Рабочее меню устройства перед началом ввода сигналов.

Доступна более удобная для оператора форма изменения усиления – кнопками «2» и «8». При их нажатии производится установка кодов, которые соответствуют усилению сигнала от 0 до 50 дБ, с шагом 10 дБ. При этом значение установленного кода отображается в верхней строке на месте отображения кода.

Третий способ изменения усиления состоит в нажатии кнопки «3» - это действие включает, а при повторном нажатии выключает аппаратный аттенуатор, меняя усиление примерно в 10 раз (20 дБ). Эта функция может быть полезна при высоких уровнях входного сигнала при появлении перегрузки.

Существует еще одна настройка, служащая для обеспечения совместимости системы с пингерами, работающими на другой частоте. Для введения новой частота нажмите кнопку «4», затем произведите набор нужного значения и подтвердите его нажатием кнопки «ВВОД».

Другие возможности, представленные на экране, являются резервными и для пользователей не предназначены.

Для начала передачи данных в компьютер нужно нажать кнопку «ВВОД». При этом на экране устройства появится дополнительная информация (Рис.3).

В строке с заголовком «MAX» выводится значение максимального числа, содержащегося в последнем кадре информации. Желательно следить за тем, чтобы оно не превышало 32700 – уровень ограничения.



Превышение может снизить качество изображения, уменьшив динамический диапазон сигнала и тем самым снизив контрастность. В строке с заголовком «MIN» выводится самое маленькое значения амплитуды в последнем введенном временном окне, оно позволяет судить об уровне шумов. Строка с заголовком «M» показывает индекс максимума в вводимом массиве, строка с заголовком «N» - количество введенных кадров с момента начала ввода. **Приостановка** ввода и передачи в компьютер данных производится кнопкой «ОТМ», **выключение** питания устройства – кнопкой «ОТКЛ».



Рис. 3. Информация на мониторе устройства в ходе ввода сигналов.

Устройство использовалось в ряде научных и производственных экспедиций и продемонстрировало высокую надежность и полезность при организации пингерного сопровождения придонных работ.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (тема № 0128-2021-0010, а также при поддержке РФФИ (проект № 18-05-60070 «Арктика», проект № 20-05-00384)

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Носов А.В., Демидова Т.А., Тихонова Н.Ф. Системы пингерного контроля глубоководных приборов относительно дна. // Сборник трудов XVI Международной конференции МСОИ 2019. (Современные методы и средства океанологических исследований): Том II, Институт океанологии РАН – Москва, 2019. С.158-162.
2. Носов А.В., Демидова Т.А., Тихонова Н.Ф., Юрицын В.В. Развитие аппаратуры для обслуживания пингеров. // Сборник трудов

ХIII Международной конференции МСОИ 2013. (Современные методы и средства океанологических исследований): Том I, Институт океанологии РАН – Москва, 2013. С.162-166.

УДК 534.6.08

## **ОПЫТ РАЗРАБОТКИ АКУСТИЧЕЧКОЙ УКБ НАВИГАЦИИ В ИО РАН.**

**Тихонова Н.Ф., Носов А.В., Демидова Т.А.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН  
117997, Москва, Нахимовский проспект, д. 36. nnaft@mail.ru*

## **EXPERIENCE OF DEVELOPMENT OF ACOUSTIC USBL NAVIGATION IN IO RAS.**

Tikhonova N.F., Nosov A.V., Demidova T.A.

*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Science, 36,  
Nahimovskiy prospect, Moscow, Russia, 117997.*

В ИО РАН совместно с ОКБ ОТ проводились работы по созданию системы акустической навигации с ультракороткой базой (УКБ). Приводятся основные принципа построения системы, а также краткий вывод о результатах.

At the IO RAS, together with the ОКБ ОТ, work was carried out to create an acoustic navigation system with an ultra-short base. The basic principles of building the system are given, as well as a brief conclusion about the results.

Работы по созданию УКБ системы акустической навигации проводились совместно с ОКБ ОТ, где были разработаны и изготовлены приемно-передающая погружаемая часть, а также донные маяки ответчики и респондеры. Разработка электронных блоков, методика их использования и программное обеспечение производились в ИО РАН. Испытания системы и полученных во время их проведения результатов являются предметом данной работы, причем она посвящена описанию только принципа действия и технических решений электронной составляющей данной разработки, без анализа конструктивных

решений, примененных при изготовлении аппаратной части.

Акустическая навигационная система представляет собой аппаратно-программный комплекс, предназначенный для определения координат подводных объектов различного типа, снабженных маяками-ответчиками. Принцип действия комплекса основан на излучении акустического сигнала запроса соответствующего ответчика, приеме ответного сигнала на многоканальную судовую антенну, анализе фазовой структуры принятого акустического поля и выдаче информации о направлении на ответчик и дистанции до него. Структура приемной антенны приведена в работах [1,2] и основана на неэквидистантном разнесении приемников, позволяющем корректно оценить полную разность фаз. Работы по созданию системы навигации проводились совместно с ОКБ ОТ, где были разработаны и изготовлены приемно-передающая погружаемая часть, а также донные маяки ответчики. Приемная антенна позволяет оценивать фазовые свойства акустического поля в области частот около 13 кГц при разнесении гидрофонов на расстояние до 1.5 м. Судовая антенна выполнена в виде погружаемой в воду на кабель-тросе конструкции, несущей на себе комплекс акустических приемников, излучатель, прочный корпус с датчиками для измерения необходимых параметров и электронными блоками. На борту комплекс имеет прибор с источниками питания и электрическими согласователями, а также компьютер и навигационный приемник GPS. Связь между судовым прибором и погружаемой антенной осуществляется по 7-жильному бронированному кабель-тросу типа КГ7. Связь компьютера с контроллером погружаемой части производилась посредством последовательного интерфейса 232 со скоростью 19.2 Кбит/с.

Для обеспечения географической привязки результатов измерений использовался приемник GPS и ряд датчиков пространственной ориентации. Приемник GPS располагался на вершине кран-балки, с которой погружалась приемная антенна. Для вычисления смещения точки расположения антенны относительно точки спуска использовались датчик наклона троса на базе акселерометра, прикреплявшегося к тросу, а также, размещенный на прочном корпусе магнитный компас. Наклоны антенны относительно горизонта измерялись акселерометрическими. Для пересчета разности фаз сигналов в задержки для вычисления углов падения звука на плоскость антенны использовался датчик скорости звука.

Испытания системы были проведены в южной части Атлантического океана при глубине места около 5000 м. В целом выбранные технические решения показали соответствие поставленной

задачи позиционирования цели, за исключением датчика наклона троса: при работе в дрейфе он работал нормально, а при движении судна на скорости около 3 узлов перегружался из-за вибрации. С учетом полученного опыта представляется возможным коррекция системы и ее использование в океанологической практике.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (тема № 0128-2021-0010) а также при поддержке РФФИ (проект № 18-05-60070 «Арктика», проект № 20-05-00384)

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дремучев С.А., Ключев М.С., Кузнецов В.Н., Носов А.В., Парамонов А.А., Сторожев П.П. О повышении точности системы гидроакустической навигации с ультракороткой базой. Материалы конференции МСОИ 2001, Москва, с. 80-83
2. Afanasiev V.N., Dremuchev S.A., Kliuev M.S., Kouznetsov K.V., Nosov A.V., Paramonov A.A. Error Reduction of Hydroacoustic Navigation System With Ultra Short Baseline/ ICONS 2002. Sonar sensors&systems, Cochin, India, 2002.

УДК 634.67

#### **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОРСКИХ ГИБРИДНЫХ ВИЭ НА АКВАТОРИИ КРЫМА**

**Горлов А.А.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,  
Нахимовский пр., 36, 117997, г. Москва, 8(499)124-85-09,  
oceangorlov@yahoo.com*

#### **PROSPECTS FOR USING MARINE HYBRID RES IN THE CRIMEA WATER AREA**

**Gorlov A.A.**

*Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, 36,  
Nakhimovskii prospect, Moscow, 117997*

В статье рассмотрены возможности комплексного использования

морских возобновляемых источников энергии для электроснабжения средств океанологических исследований и автономных объектов экономики Крыма.

The article discusses the possibilities of the integrated use of marine renewable energy sources for power supply of oceanographic research facilities and autonomous objects of the Crimean economy.

На акватории Крыма можно успешно использовать различные ресурсы возобновляемой энергии. Так, продолжительность солнечного сияния в регионе наивысшая в РФ (более 2200 часов за год), хотя резко снижается зимой. Также, здесь наблюдаются, суммарно около 4000 часов за год, ветры со скоростью, пригодной для энергетики ( $> 4$  м/с) и со средним потенциалом 100-150 Вт/кв.м, а поверхностное волнение в зимние месяцы достигает средней удельной мощности 2-5 кВт/м [1]. Следует отметить, что из-за значительной сезонной изменчивости рассмотренных энергетических ресурсов, экономически наиболее эффективно применять для их комплексного преобразования в электричество морские гибридные энергоустановки [2].

Идея создания таких систем заключается в объединении различных ВИЭ на одной платформе, что позволяет снизить общую приведенную стоимость электроэнергии. Применительно к Крыму гибридная заключается в комбинации на одной морской плавучей установке преобразователей энергии ветра, волнения и солнца. При этом, кроме повышения значения общего коэффициента использования установленной мощности, волновые преобразователи могут обеспечить устойчивость системы в суровых условиях окружающей среды.

В работе автора [2] подробно рассмотрены различные типы морских гибридных систем (ветро - волновые, солнечно - волновые, ветро - течения), внедренных в Ирландии, Шотландии, Японии, Франции, Испании, Великобритании и Норвегии и других странах. В основном это крупные энергоустановки мощностью в несколько мегаватт, но также разработаны подобные системы и для научных исследований. Так, французская компания "GEPS Techno" в 2016 году провела морские испытания гибридной плавучей системы Marine Hybrid (PH4S) мощностью 5 кВт, в котором использовалась энергия солнца, ветра, волнения и течений.

В ИО РАН разработана концепция долговременной автономной системы океанологических исследований, элементы которой получают питание от различных видов возобновляемой энергии океана (АСОИ ЭО) [3]. Система АСОИ ЭО состоит из необходимого количества стационарных узловых станций (СУП), вокруг базируются мобильные автономные измерительные платформы (разнообразные плавучие

зонды, глайдеры, поверхностные и подводные беспилотники) и привязные, соединенные с СУП кабелями, измерительные платформы (блоки научных приборов, профилирующие зонды, обсерватории и подводные телеуправляемые аппараты). Отечественные морские гибридные установки, аналогичные французской PH4S, могли бы стать зарядными станциями СУП систем АСОИ ЭО для долговременного изучения, мониторинга и наблюдений в акватории Крыма.

Научно-технический задел, полученный при создании и эксплуатации морских гибридных ВИЭ малой мощности, может быть использован в экономике прибрежной зоны Крыма. Здесь находится множество автономных рекреационных объектов, для которых очень важна экологически чистая распределенная энергетика, а земля здесь очень дорогая и почти невозможно найти свободные участки для энергетических установок, которые можно расположить в море.

При этом, мощные плавучие гибридные установки могут обеспечивать электроэнергией отопление и кондиционирование гостиниц, домов отдыха и пансионатов, а также производить для них пресную воду путем электролиза морской воды прямо в месте базирования. Гибридные системы ВИЭ могут также обеспечить развитие аквакультуры у берегов Крыма (рыбные, устрично - мидиевые фермы) и т.п. В последнее десятилетие многие нефтегазовые компании мира уделяют большое внимание вопросам использования водорода, как альтернативе традиционному топливу в производстве тепла и в промышленности [2]. Кроме того, значительные перспективы у водорода в системах передачи энергии на большие расстояния и её долговременного хранения. Наиболее привлекательным для экономики Крыма представляет “зелёный” водород, производимый путём электролиза из воды непосредственно в открытом море с электроснабжением от плавучих гибридных систем, в том числе в периоды сильных ветров, волнения или избыточного солнца. Особый интерес для Крыма представляет зарубежный опыт внедрения экологически чистых водородных технологий на прибрежном морском транспорте [2].

«Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (темы № 0128-2021-0010) при поддержке РФФИ (проекты № 20-05-00384 «А» и № 18-05-60070 «Арктика»).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мысленков, С.А. Разработка ВЭБ-атласа доступной энергии волн и ветра прибрежной зоны морей России: информационное и

картографическое обеспечение (на примере Черного моря) / С.А.Мысленков и др.//Международный журнал «Альтернативная энергетика и экология (ISJAEE)» -2018. -№ 16-18 , С. 39-54

2. Горлов, А.А. Океанские автономные гибридные ВИЭ /А.А.Горлов //Журнал РАН «Энергия: экономика, техника, экология» - 2020.- №7 – С.36-49. DOI: 10.7868/S0233361920070058

3. Горлов, А.А. Зарядные станции автономных робототехнических систем океанологических исследований / А.А.Горлов//Журнал РАЕН «Научное обозрение. Технические науки». - 2019.- №4 - С 27-35 doi: 10.17513/srts.1253

УДК 634.67

## **МОРСКИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОСВОЕНИЯ АРКТИКИ**

**Горлов А.А.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,  
Нахимовский пр., 36, 117997, г. Москва, 8(499)124-85-09,  
oceangorlov@yahoo.com*

## **MARINE RENEWABLE ENERGY SOURCES FOR ARCTIC RESEARCH AND DEVELOPMENT**

Gorlov A.A.

*Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, 36,  
Nakhimovskii prospect, Moscow, 117997*

В статье представлены основные направления исследований Института океанологии им. П.П.Ширшова (ИО РАН) в области создания и использования экологически чистых морских возобновляемых источников энергии в Арктике

The article presents the main directions of research of the P. P. Shirshov Institute of Oceanology (IO RAS) in the field of creation and use of environmentally friendly marine renewable energy sources in the Arctic

В ИО РАН разработана концепция автономных сетей

океанологических исследований на базе энергетики океана (АСОИ ЭО), направленная на использование долговременных средств поверхностной и подводной робототехники для обеспечения высокого уровня цифровизации в реальном масштабе времени и существенной экономии экспедиционных затрат [1]. Внедрение АСОИ ЭО особенно актуально для изучения и освоения Северного Ледовитого океана.

*Ветровое волнение.* В Арктике, на свободной от льда акватории, большие перспективы имеет использование волновых буев (ПЭВ) для электроснабжения автономных средств морской техники (океанологических и метеорологических систем наблюдения, зарядных станций беспилотников, нефтегазовых платформ, вышек связи и др.). Как показали разработки поплавковых ПЭВ в ИО РАН, их проектирование требует значимых данных о параметрах волнения. С этой целью, для Баренцева моря учеными МГУ и ИО РАН были определены параметры межгодовой и внутригодовой изменчивости волновой энергии за период 30 лет [2]. Установлено, что поток волновой энергии в открытом море меняется от 5 кВт/м волнового фронта летом до 60–100 кВт/м в зимние месяцы. Проведенные ранее исследования показывали, что удельная мощность энергии волнения в Баренцевом море может достигать только 29 кВт/м.

*Приливные течения.* Проекты приливных электростанций (ПЭС) планировались в различных морях, например, проект Северной ПЭС мощностью 24 МВт в Баренцевом море и Мезенской ПЭС мощностью 8 ГВт на Белом море. Но, сооружение ПЭС требовало протяжённых дорогостоящих плотин, что не позволило их построить. Однако, использование энергии приливов в Арктике остается очень привлекательным, как для большой энергетики, так и для различных автономных объектов. Например, в горле Белого моря скорости приливо-отливных течения достигают 4 м/с, значительные скорости течений наблюдаются у побережья Баренцева и Беренгова морей. Ещё 30 лет назад учеными ИО РАН были разработаны и испытаны новые технологии свободно-поточных преобразователей энергии течений [3]. Такие подводные энергоблоки можно серийно собирать на небольших верфях, легко перевозить и быстро устанавливать в заданной точке акватории, где они способны надёжно работать под ледовым покровом. Это дает возможность энергоснабжения разнообразных сетей для долговременных научных исследований, мониторинга и наблюдений в Арктике [1].

*Тепло Арктики.* Значительный интерес представляют огромные тепловые ресурсы Арктического бассейна, определяемые разностью температур подлёдной воды и морозного наружного воздуха,



температура которого зимой в среднем составляет более 26°C и достигает до 50°C [4]. Удельная мощность может составлять при разности температур в 20°C около 60 кВт/м<sup>2</sup>, что может быть использовано для производства электроэнергии. До 90-х годов проекты Арктических океанских тепловых электростанций (АОТЕС) разрабатывались в ИО АН СССР и ИПМТ ДВО АН СССР, но в современной России такие работы прекратились.

Однако, в целях внедрения сетей АСОИ ЭО в Арктике, целесообразно продолжить разработку проектов АОТЕС, используя имеющийся научно-технический задел. При этом, преобразователи прямого действия малой мощности, могут быть востребованы для электроснабжения автономных средств подводной робототехники и ледовых обсерваторий долговременных метеорологических и океанологических исследований, а турбо-генераторные установки средней и большой мощности для развития инфраструктуры освоения углеводородных ресурсов российской Арктики, производства водорода и энергоснабжения удалённых населённых пунктов, в том числе и на ледовом покрове. Работа АОТЕС носит преимущественно сезонный характер и в тёплое время требует перехода, например, на аккумуляторы холода или использоваться запасы водорода, полученного в зимний период электролизом.

В ИО РАН были разработаны технические предложения на встроенный в лед измерительный комплекс с STD-зондом и спутниковым каналом передачи данных. В качестве источника энергии прорабатывается термоэлектрический преобразователь (ТЭП) с тепловыми аккумуляторами, размещенными в воздухе на корпусе ледового буя и в воде подо льдом. За счет перепада температур на спаях ТЭП вырабатывается электроэнергия. Такой преобразователь прямого действия отличается полной автономностью и отсутствием движущихся частей.

*Энергия гидротермальных полей.* Учеными ИО РАН детально изучены гидротермальные выходы горячих рассолов в различных районах дна Мирового океана. Обычно температура факелов находится в пределах 150 - 350 °С, а температура окружающей воды не превышает 4°C. Подобные выходы также уже обнаружены подо льдом в Северном Ледовитом океане (например, на Хребте Гаккеля) и есть все основания считать, что на дне российского сектора Арктики будут найдены, наряду с запасами углеводородов, ещё новые сульфидные факелы с уникальным биологическим миром.

Тепловые ресурсы гидротермальных систем Мирового океана – особое и мало изученное с энергетической точки зрения направление. В

девяностые годы ИО АН СССР, совместно с соисполнителями, впервые в мировой практике разработал макеты подводных блоков, использующих тепло дна океана для электроснабжения долговременных океанологических донных обсерваторий [4]. Например, был создан макет малой мощности глубоководного ТЭП прямого типа, выполненный в виде противоточного теплообменника, на стенках которого возникает перепад температур при прохождении через него потоков горячего и холодного промежуточного теплоносителя по противоточной схеме. Термоэлектрические батареи, заделанные в этих стенках, преобразовывают тепловой поток, протекающий через них, в электрическую энергию. Была разработана оригинальная система эффективной передачи тепла от факела гидротермы до места расположения энергоблока с помощью артериальных тепловых труб, надежность технологий которых подтверждена использованием в космических аппаратах.

Кроме того, совместно с организациями-соисполнителями в ИО АН СССР были разработаны и исследованы математические модели различных тепловых схем турбогенераторные преобразователи (ТГП) мощностью в десятки киловатт. Это позволило создать лабораторный макет автономного подводного блока ТГП выходной мощностью генератора 1.5 кВт с использованием анаэробного цикла Ренкина [4]. По результатам анализа характеристик рабочих тел по для макета глубоководного ТГП был выбран толуол. Был определен состав оборудования ТГП, включая конструкцию прочного корпуса, парогенератора и конденсатора, насосов и электрогенератора.

Имеющийся в ИО РАН научно-технический задел в области экологически чистой энергии океана может быть положен в основу новых проектов средств и сетей подводной робототехники с зарядными станциями подводных необитаемых аппаратов для долговременных исследований подо льдом Арктики.

«Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (темы № 0128-2021-0010) при поддержке РФФИ (проекты № 20-05-00384 «А» и № 18-05-60070 «Арктика»)».

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Горлов, А.А. Зарядные станции автономных робототехнических систем океанологических исследований / А.А.Горлов//Журнал РАЕН «Научное обозрение. Технические науки». - 2019. №4 - С 27-35 doi: 10.17513/srts.1253
- 2 Горлов, А.А. Сезонная и межгодовая изменчивость потока

волновой энергии в Баренцевом море/А.А.Горлов, С.А.Мысленков и др.//Международный журнал «Альтернативная энергетика и экология (ISJAEE)» -2017. -№ 19-21, С. 36-48

3 Горлов, А.А. Возобновляемая энергетика океанских течений/ А.А.Горлов// Журнал РАН «Энергия: экономика, техника, экология» - 2014- № 11 - С.30-39

4 Горлов, А.А. Энергетика тепла океана /А.А.Горлов// Журнал РАН «Энергия: экономика, техника, экология». - 2015. - № 10 - С.42-53

УДК 551.46.077:004.94

## СОЗДАНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛИННОМЕРНОГО КАБЕЛЯ В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ «UNITY»

Гамазов Н.И.<sup>1</sup>, Гавриков А.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», 105005, Москва, 2-я Бауманская д. 5 стр. 1, 8 (499) 263-61-15, sm42@ sm.bmstu.ru

<sup>2</sup>Общество с ограниченной ответственностью «Юмакс», 105062, Москва, Подсосенский пер. д.23 стр.5, +7(800)7755381 gavrikov\_alexey\_m@mail.ru

## CREATION OF A PHYSICAL MODEL OF A LONG CABLE IN THE UNITY SOFTWARE PACKAGE

Gamazov N.I. 1, Gavrikov A.M. 2

<sup>1</sup>Moscow State Technical University named after N.E. Bauman (National Research University) ", 105005, Moscow, 2nd Baumanskaya, 5 bldg. 1

<sup>2</sup>Limited Liability Company "Yumax", 105062, Moscow, Podsosenskiy per. 23 building 5,

Рассматривается возможность создания физической модели длинномерного кабеля в программном пакете Unity. Такая модель может быть применена в тренажере телеуправляемого необитаемого подводного аппарата (ТНПА), который может удаляться от судноносителя на значительные расстояния.

The possibility of creating a physical model of a long cable in the Unity software package is considered. The model of a long cable is of interest in the development of a simulator for a remotely controlled unmanned underwater vehicle (ROV), which can move away from the carrier vessel at a sufficiently large distance.

В практике разработки современных компьютерных игр накоплен значительный методологический опыт представления физических законов в специализированных программных пакетах (игровых движках) с целью создания моделей объектов, по своим свойствам максимально приближенных к реальному миру. Одним из таких игровых движков является Unity [1]. Среди положительных качеств этого пакета отметим модульную систему компонентов, позволяющую создавать и подключать дополнительные модули, и специальный инструмент Profiler, позволяющий определить, как активные процессы влияют на число отображаемых кадров в секунду (FPS). Длинномерным будем называть кабель, составленный из связанных друг с другом одинаковых объектов цилиндрической формы, при максимальном количестве которых программа работает без значительного снижения FPS. В [2-3] кабель моделируется последовательностью одинаковых жестких неразрывных цилиндрических стержней конечной длины и диаметра, связанных между собой шаровыми шарнирами. При этом основной проблемой является быстрое уменьшение показателя FPS при росте количества стержней.

**Метод моделирования длинномерного кабеля.** Кабель представляется в виде тонкой неразрывной нити, проходящей через последовательность «пустых объектов» - объектов, у которых по умолчанию заданы только координаты в пространстве. Каждый пустой объект является центром связанного с ним цилиндрического объекта, визуализирующего участок кабеля, то есть цилиндры как бы «нанизаны» на нить. Такой подход позволяет создать неразрывную модель длинномерного кабеля и уменьшить потребные вычислительные ресурсы за счет отрисовки всех цилиндрических объектов за одно обращение к графическому процессору (GPU).

**Расчет сил в системе.** Точкой приложения сил, действующих на элемент кабеля, считается пустой объект (центр цилиндра). Для расчета сил, действующих на каждый элемент кабеля в движке Unity, используем систему рекуррентных уравнений [3]:

$$\overline{F}_{seq} = \overline{F}_{pre} + \overline{F}_{gd} + \overline{F}_{arh} - m * \frac{d\overline{v}}{dt} \quad (1)$$

где  $\vec{F}_{seq}$  – сила, с которой текущий элемент кабеля действует на последующий элемент;  $\vec{F}_{pre}$  – сила, с которой предыдущий элемент кабеля действует на текущий элемент;  $\vec{F}_{gd}$ ,  $\vec{F}_{arh}$  – силы гидродинамического сопротивления и остаточной плавучести;  $m$ ,  $\frac{d\vec{v}}{dt}$  – масса и ускорение текущего элемента кабеля. Для первого элемента кабеля, непосредственно примыкающего к ТНПА, сила  $\vec{F}_{pre}$  – сила, с которой ТНПА действует на кабель, и она может быть определена из уравнения движения ТНПА. Трехмерная модель ТНПА представляет собой тело цилиндрической формы, в основании которого находится точка крепления кабеля к ТНПА. Уравнение движения ТНПА в векторной форме имеет вид:

$$m_{па} \cdot \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F}_{cспа} + \vec{F}_{gdпа} + \vec{F}_{arhпа} + \vec{F}_{движ} \quad (2)$$

где  $m_{па}$ ,  $\frac{d\vec{v}}{dt}$  – масса ТНПА, с учетом присоединенной массы воды и ускорение ТНПА;  $\vec{F}_{cспа}$  – сила, с которой примыкающий элемент кабеля действует на ТНПА;  $\vec{F}_{gdпа}$ ,  $\vec{F}_{arhпа}$  – силы гидродинамического сопротивления и остаточной плавучести ТНПА;  $\vec{F}_{движ}$  – упор движителей ТНПА. Сила, с которой ТНПА действует на примыкающий элемент кабеля:

$$\vec{F}_{pre} = - \vec{F}_{cспа} \quad (3)$$

Используя систему уравнений (1 - 3), можно последовательно выразить все силы, действующие на каждый элемент кабеля от ТНПА до носителя.

**Моделирование физических свойств длинномерного кабеля и его взаимодействия со сторонними объектами.** Компонент, или скрипт – стандартизированный программный код Unity, позволяющий задать объекту определенные физические свойства. Проведенное исследование показало, что использование стандартных скриптов – Rigidbody, Collider, Joint - добавляет объектам дополнительные свойства, не являющиеся необходимыми для моделирования протяженных объектов, что в итоге приводит к снижению FPS. Для устранения этого эффекта были разработаны собственные скрипты. Для обсчета столкновений длинномерного кабеля с внешними объектами использовалась парадигма Unity «speculative contacts» [4], что также позволило снизить потребление вычислительных ресурсов. Лучший

результат, который был получен для FPS = 30 – кабель длиной 5000 м, состоящий из 400 элементов.

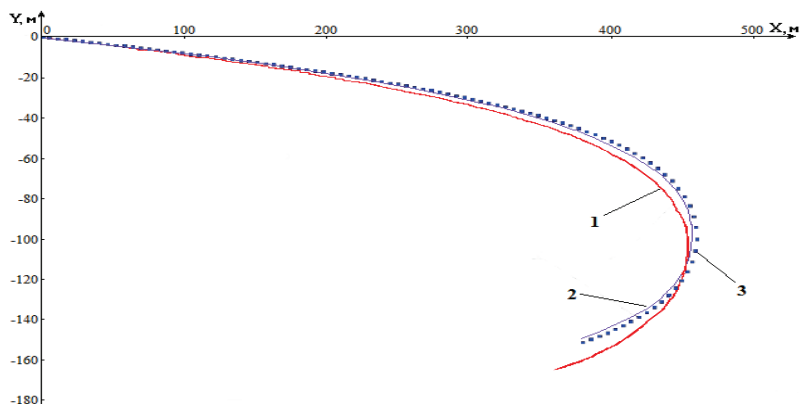


Рис. 1. Количество элементов 200; длина кабеля 1200 м; силы на ходовом конце кабеля:  $F_x = -500\text{H}$ ;  $F_y = -50\text{H}$ . 1 – статическая модель; 2 – динамическая модель в программе Unity; 3 – динамическая модель в программе Blender Game Engine [2].

**Адекватность трехмерной модели.** Для проверки адекватности модели рассчитаем форму, которую принимает кабель определенной длины после выхода на установившийся режим при заданной силе, действующей на кабель со стороны ТНПА, и заданной скорости течения. Сравним полученные результаты с результатами динамической модели кабеля, разработанной в [1] в пакете Blender Game Engine, и с результатами, которые дает в аналогичных условиях статическая конечномерная модель кабеля [5] (рис.1). Отметим хорошее совпадение результатов, при том, что в модели, полученной в Unity и динамической модели [1] не используются ограничения, накладываемые на действующие силы в статической модели [5].

**Выводы.** Программный пакет Unity при определенных условиях может быть применен для создания адекватной модели длинномерного кабеля. Для этого необходимо реализовать и использовать собственные программные компоненты, которые будут работать эффективнее по сравнению со стандартными компонентами в рамках задачи построения длинномерного кабеля, и позволят получить приемлемые значения FPS.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство Unity. – URL: <https://docs.unity3d.com/ru/530/Manual/> (дата обращения 14.02.2021).
2. Гамазов, Н.И. Моделирование движения кабельной линии подводного аппарата в пакете Blender Game Engine / Н.И. Гамазов, В.И. Новиков // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Приборостроение. - 2017. - № 3. С. 47-64.
3. Гамазов, Н.И. Модель длинномерного кабеля в тренажере телеуправляемого подводного аппарата. / Н.И. Гамазов, В.И. Новиков // Современные методы и средства океанологических исследований (МСОИ-2019). Материалы XVI международной научно-технической конференции «МСОИ-2019». Т. II. - М.: АПР. - 2019. - С. 128-131.
4. Unity User Manual (2019.4 LTS)/ Physics /3D Physics for object-oriented projects / Continuous collision detection (CCD) URL: <https://docs.unity3d.com/Manual/ContinuousCollisionDetection.html> (дата обращения 14.02.2021).
5. Вельтищев, В.В. Проектирование движительных комплексов подводных аппаратов / В.В. Вельтищев. - М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. - 167 с.: ил. - Библиогр.: с.163

УДК 621.924.93:519.63

### **ПОДВОДНАЯ ГИДРОАБРАЗИВНАЯ РЕЗКА**

**Вельтищев В.В., Колпаков В.И., Илюхина А.А**

*Московский государственный технический университет имени  
Н.Э. Баумана, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул. д. 5, стр. 1,  
8 499 263-63-91, [bauman@bmstu.ru](mailto:bauman@bmstu.ru)*

### **UNDERWATER WATER-ABRASIVE CUTTING**

**Veltishev V.V., Kolkpakov V.I., Ilyukhina A.A.**

*Moscow State Technical University named after  
N.E. Bauman, 105005, Moscow, 2nd Baumanskaya st. d. 5, bldg. 1,*

В докладе обсуждаются вопросы создания малогабаритной установки для гидроабразивной резки. Дано описание экспериментальных исследований. Выявлены основные проблемы и перспективы использования гидроабразивной резки в технике.

The report discusses the issues of creating a small-size underwater waterjet cutting plant. A description of experimental studies are given. The main problems and prospects of using waterjet cutting in technology are identified.

Для выполнения сложных подводных работ на донных объектах с использованием манипуляторов необходим специализированный инструмент. Если предполагается выполнить подводную резку материалов, то сейчас чаще всего используются традиционные дисковые, цепные или гильотинные резак. Такой подводный инструмент далеко не всегда обеспечивает получение удовлетворительных результатов.

В настоящее время в промышленности как альтернатива классическим методам механообработки всё более широко развивается технология резки с использованием смеси воды и мелкого абразива, названная гидроабразивной резкой (ГАР). При воздействии на поверхность материала высокоскоростной струи абразивной суспензии происходит его эрозионное разрушение. При этом кинетическая энергия струи совершает работу резания непосредственно в зоне обработки без каких-либо промежуточных преобразований.

Перспективность использования ГАР и в подводных условиях определяется следующими достоинствами данной технологии:

- универсальностью к типам материалов, геометрии обрабатываемых деталей и другим особенностям подводных объектов;
- отсутствием термических и ударных воздействий на обрабатываемый материал;
- отсутствием опасности заклинивания инструмента.

Необходимо дополнительно отметить, что подводная технология ГАР может быть реализована с использованием окружающей морской воды как расходного материала.

Принципиальная схема подводной установки ГАР представлена на рис. 1, из которой видно, что физические явления, которые лежат в основе данной технологии, не зависят от глубины погружения (внешнего давления воды).



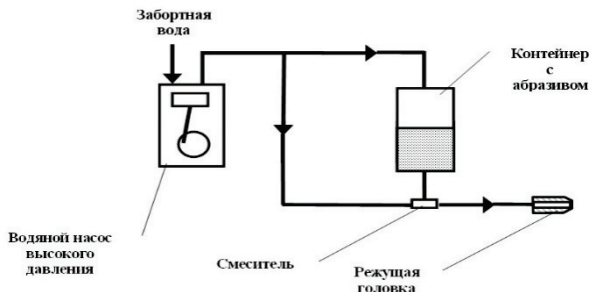


Рис. 1. Принципиальная схема подводной установки ГАР

Основным компонентом установки является водяной насос высокого давления. В промышленных станках ГАР для обеспечения требуемой скорости истечения к режущей головке подводят воду с давлением от 100,0 до 400,0 МПа, что соответствует выходной мощности потока, превышающей 10 кВт.

Очевидно, что при использовании установки ГАР в составе обитаемого или телеуправляемого подводного аппарата такие большие уровни мощности недопустимы. Поэтому представляется целесообразным ограничить потребляемую мощность подводной установки величиной 5 кВт, а повышение её производительности и экономичности обеспечивать за счет рационального выбора всех характеристик.

В общем случае производительность установки ГАР является функцией следующих параметров: скорости потока суспензии, концентрации абразивной фазы в потоке, твердости и размеров абразивного песка, ориентации потока относительно поверхности обрабатываемого материала, расстояния от среза режущей головки до материала, прочности материала. Аналитическое описание такой функции обычно представляют собой произведение степенных функций с эмпирическими показателями. Например, обобщая данные, приведенные в [1], а также собственные экспериментальные результаты, установлено, что скорость горизонтальной подачи при разрезании листового материала можно рассчитать по следующей приближенной зависимости

$$S = 1244 p d_c^{0,84} h^{-1,3} K_a^{0,75} \sigma^{-0,9},$$

где  $S$  - скорость подачи, мм/с;  $p$  - давление истечения воды из головки, МПа;  $d_c$  - диаметр сопла режущей головки, мм;  $h$  - толщина

разрезаемого материала, мм;  $K_a$  - объемная концентрация абразива в воде, %;  $\sigma$  - напряжение разрушения разрезаемого материала, МПа.

Достоверность предложенной зависимости была проверена при экспериментах на созданной в МГТУ им. Н.Э. Баумана малогабаритной установке ГАР, которая имела следующие характеристики:  $p = 65$  МПа,  $K_a = 5$  %,  $d_c = 0,38$  мм, мощность выходного потока суспензии – 1 кВт. Результаты проведенных испытаний по резке различных листовых материалов представлены на рис. 2.

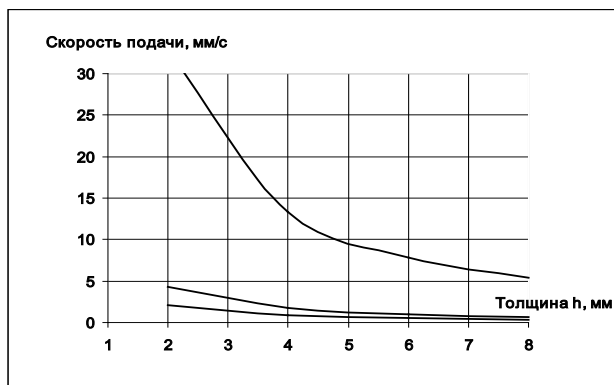


Рис. 2. Зависимость скорости подачи при резании различных материалов

Как показали проведенные исследования, увеличить производительность ГАР при сохранении энергетических ограничений можно только оптимизируя геометрию струеобразующего тракта. Данная задача может быть решена путем математического моделирования процесса формирования высокоскоростной гидроабразивной струи при различных геометрических параметрах режущей головки. Задача решалась численно в двумерной осесимметричной постановке с использованием гидродинамической модели взаимодействующих между собой материалов в среде программного комплекса ANSYS /Autodyn [2].

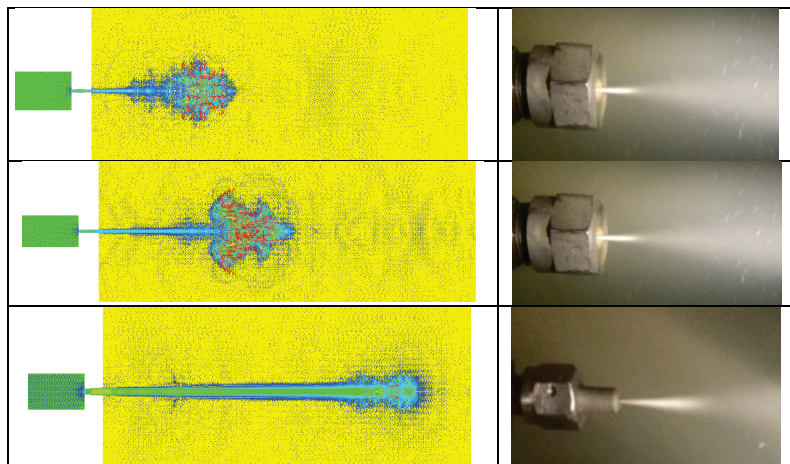


Табл. 1. Верификация результатов моделирования

Результаты моделирования верифицировались путем сопоставления с параметрами реального потока в экспериментальной установке. Примеры формы реальной струи и визуализация потока при моделировании представлены в табл. 1.

В процессе проведенных исследований была определена оптимальная конфигурация режущего сопла, обеспечивающая максимальную производительность подводной резки в условиях энергетических ограничений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Тихомиров, Р.А. Гидрорезание судостроительных материалов /Р.А. Тихомиров, Е.Н. Петухов, И.Д. Стариков, В.А. Ковалев. - Л.: Судостроение, 1987. 164 с.
2. Илюхина, А.А. Разработка физико-математической модели функционирования гидроабразивной установки подводного резания Илюхина А.А., Колпаков В.И., Вельтищев В.В., Галиновский А.Л.// Вестник Московского университета. Серия 3, Физика. Астрономия, 2020. № 2.- С.53-59.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОТРАБОТКИ  
КОМПОНЕНТОВ КОМПЛЕКСНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ  
СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО  
АППАРАТА**

**Ромашко А. С., Егоров С. А., Куценко А. С.**

*НИИСМ МГТУ им. Н.Э. Баумана, 105005, г. Москва, Госпитальный  
пер., д.10, тел./факс: (499) 263-61-15, sm42@sm.bmstu.ru*

**RESULTS OF EXPERIMENTAL DEVELOPMENT OF COMPONENTS  
OF THE COMPREHENSIVE NAVIGATION SYSTEM OF  
AUTONOMOUS UNHABITABLE UNDERWATER VEHICLE**

**Romashko A.S., Egorov S.A., Kutsenko A.S.**

*NIISM MSTU them. N.E. Bauman, 105005, Moscow, Hospital lane, 10,*

В статье представлены экспериментальные результаты работы некоторых компонентов комплексной навигационной системы автономного подводного аппарата.

Paper presents experimental results of some components autonomous underwater vehicle's complex navigation system's work.

В докладе «Особенности построения алгоритмического и программного обеспечения комплексной навигационной системы автономного необитаемого подводного аппарата» (см. данный сборник трудов) рассмотрена структура комплексной навигационной системы (КНС) автономного необитаемого подводного аппарата. В настоящем докладе описываются результаты экспериментальной отработки, представленной КНС. В экспериментах в качестве носителя оборудования применялась моторная лодка. На ней располагалась бесплатформенная инерциальная навигационная система (БИНС), трехосный магнитометр. К боковым транцам лодки крепились штанги, на вершинах которых располагались антенны штатного приемника спутниковой навигационной системы (СНС) и тестового приемника СНС с функцией измерения угловых координат (условно назовем

Транзас). На опущенной в воду штанге крепился гидроакустический доплеровский лаг (ГДЛ). В качестве вычислителя использовался ноутбук, подключение к нему датчиков производилось с помощью преобразователя последовательного интерфейса (МОХА) и коммутатор Ethernet (Ethernet-switch). Подключение оборудования и его размещение на носителе показаны на рис. 1.

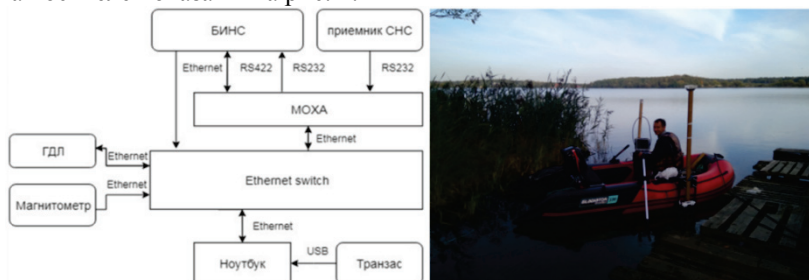


Рисунок 1 – Подключение и размещение оборудования при экспериментальной обработке компонентов КНС

Расчет координат производился в плоскости горизонта, в местной географической системе координат, связанной с заданной точкой – репером. Реализованы следующие схемы расчета:

- по широте и долготе приемника СНС с использованием картографической проекции Гаусса-Крюгера (далее на рисунках - по СНС в ГК);
- по продольной скорости ГДЛ и углу курса БИНС, путем интегрирования проекций скорости на северное и восточное направления, полученных с использованием угла курса (далее на рисунках - по продольной скорости ГДЛ и углу курса БИНС);
- по продольной скорости ГДЛ и углу курса магнитометра (далее на рисунках - по продольной скорости ГДЛ и углу курса магнитометра);
- по продольной скорости ГДЛ и углу курса Транзас (далее на рисунках - по продольной скорости ГДЛ и углу курса Транзас);
- по скоростям ГДЛ в плоскости горизонта и углу курса БИНС (далее на рисунках - по скоростям ГДЛ и углу курса БИНС);
- по северной и восточной скоростям БИНС (далее на рисунках - по скоростям БИНС).

Транзас не входит в КНС и использовался в качестве вспомогательного датчика для сравнения координат и углов ориентации. Калибровка магнитометра производилась до установки в лодку с использованием данных с БИНС, после установки в лодку

проводилась дополнительная калибровка по месту. Начальная выставка БИНС производилась с использованием данных приемника СНС на лодке, закрепленной у берега, что, по проведенным ранее исследованиям, позволяет получить большую точность, чем при начальной выставке на свободно дрейфующей лодке. В ходе исследований лодка совершала циклические перемещения вдоль одной прямой.

Траектория, полученная по широте и долготе с приемника СНС, принята за эталонную. Сравнение координат, рассчитанных по одному источнику скорости (продольная скорость ГДЛ на рис. 2) и углам курса БИНС, магнитометра и Транзас, позволяет сделать вывод об основном вкладе ошибки определения угла курса в ошибку расчета координат. Точности расчета координат по углам курса БИНС и Транзас схожи, ошибка определения координат по данным схемам расчета за неполный час работы составила 80 м в северном направлении и 40 м в восточном. Точность определения угла курса магнитометром ниже, чем у БИНС, ошибки определения координат при использовании его угла курса составили 90 м и 50 м в северном и в восточном направлениях соответственно.

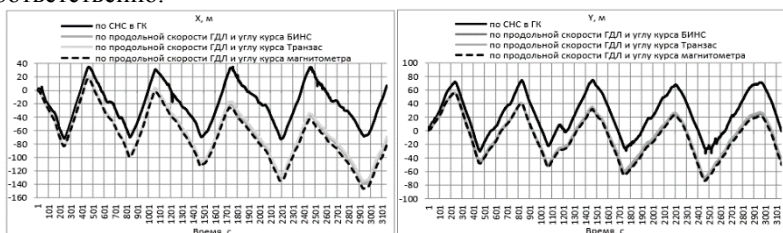


Рисунок 2 – Сравнение координат лодки в северном (X) и восточном (Y) направлениях, рассчитанных по разным углам курса

Сравнение координат, рассчитанных с использованием только продольной скорости ГДЛ и его горизонтальных скоростей (рис. 3), позволяет оценить влияние погрешностей ГДЛ на точность расчета координат. Ошибка определения координат по продольной скорости ГДЛ и углу курса БИНС за неполный час работы составила 90 м в северном направлении и 50 м в восточном направлении. Ошибка определения координат по скоростям ГДЛ и углу курса БИНС составила 150 м в северном направлении и порядка 1-2 м в восточном направлении. Точность расчета координат с использованием всех горизонтальных скоростей ГДЛ выше, чем при использовании только горизонтальной скорости ГДЛ.

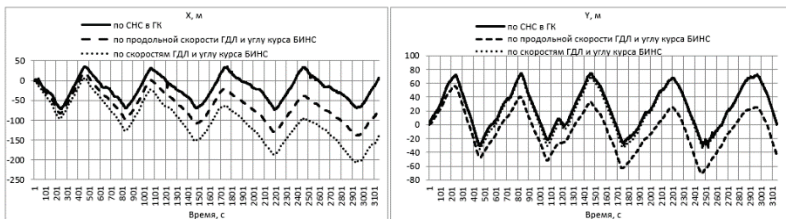


Рисунок 3 – Сравнение координат лодки в северном (X) и восточном (Y) направлениях, рассчитанных по скоростям ГДЛ

Ошибка определения координат по скоростям БИНС (рис. 4) составила 3000 м в северном направлении и 2400 м в восточном, что делает невозможным использование данной схемы расчета без периодической коррекции. Для повышения точности схемы расчета координат производилась коррекция координат по данным приемника СНС с периодом 5 минут. Максимальная ошибка определения координат с использованием коррекции составила 400 м за 5 минут в северном и восточном направлениях. Для дальнейшего повышения точности данной схемы расчета координат необходимо повышать частоту коррекции. Так как в КНС для коррекции координат используется гидроакустическая навигационная система, частота получения данных с которой зависит от расстояния между гидроакустическими устройствами, условий гидрологии, то следует ожидать достаточно больших погрешностей координат по данным автономной БИНС.

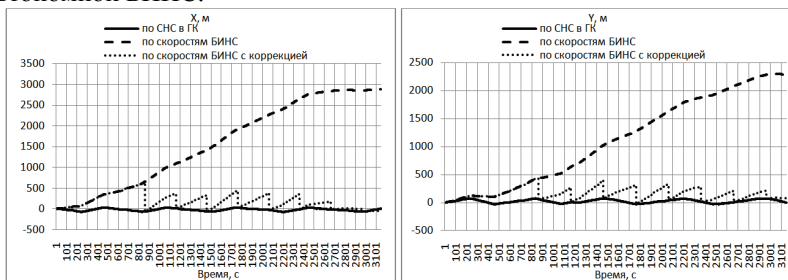


Рисунок 4 – Сравнение координат лодки в северном (X) и восточном (Y) направлениях, рассчитанных по скоростям БИНС

По полученным результатам обработки сделаны выводы об использовании следующих схем расчета координат в КНС в порядке приоритета:

-по широте и долготе приемника СНС при нахождении подводного аппарата на поверхности;

-по скоростям ГДЛ и углу курса БИНС при работе подводного аппарата вблизи дна, а также при всплытии и погружении, с учетом возможности оценки скорости течения;

-по скоростям ГДЛ и углу курса магнитометра при отказе БИНС и недоступности данных с приемника СНС;

-по скоростям БИНС при отказе ГДЛ и недоступности данных с приемника СНС;

-по данным ГАНС – для коррекции координат, рассчитанных по другим схемам, и при отказе остальных датчиков.

УДК 551.463.621.391

## **ЧАСТОТНЫЙ МЕТОД ПЕЛЕНГОВАНИЯ ПОДВОДНОГО АППАРАТА ГИДРОАКУСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ ЛОКАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ**

**Каевицер В.И., Кривцов А.П., Смольянинов И.В., Элбакидзе А.В.**

*Институт радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова РАН,  
Фрязинский филиал, 141120, г. Фрязино Московской области, пл.  
Введенского 1, тел. +7(496)565-26-70, факс +7(496)565-24-07,  
ilia159@mail.ru.*

## **FREQUENCY METHOD OF DIRECTION FINDING OF AN UNDERWATER VEHICLE BY A HYDROACOUSTIC SYSTEM OF LOCAL POSITIONING**

**Kaevitser V.I., Krivtsov A.P., Smolyaninov I.V., Elbakidze A.V.**

*Kotel'nikov Institute of Radio Engineering and Electronics of RAS, Branch in  
Fryazino, Vvedensky Sq. 1, Fryazino Moscow region, 141120, Russia.*

В статье рассмотрен частотный метод пеленгования подводных аппаратов системой позиционирования, использующей сигналы с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ). Метод основан на измерениях разности частот ЛЧМ сигналов, принимаемых на две или более разнесенные антенны.



The article considers the frequency method of direction finding underwater vehicles by a positioning system using signals with linear frequency modulation (LFM). The method is based on measurements of the frequency difference of LFM signals received on two or more separated antennas.

При проведении гидрографических и иных работ мобильными автономными подводными аппаратами (ПА) возникает проблема определения его пространственного положения относительно буксирующего судна. Применяемые для решения этой задачи системы позиционирования в большинстве своем основаны на гидроакустических принципах и используют в своей работе различные подходы к обработке данных [1]. Как правило, в таких комплексах для обеспечения синхронизации работы аппаратуры подводных аппаратов с измерительной системой на сопровождающем судне создаются каналы связи. Это либо кабель-трос, либо акустический канал [1,2]. В данной работе предложен и проанализирован способ, позволяющий проводить пеленгацию ПА без канала синхронизации.

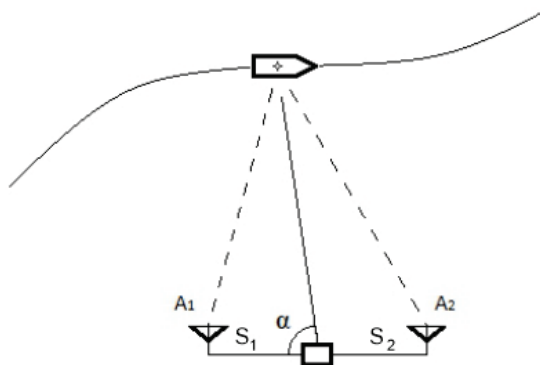


Рис. 1. Схема движения ПА с акустическим маяком относительно двух антенного интерферометра.

В основе рассматриваемого метода пеленгации лежит принцип определения углового положения акустического маяка ПА по измерениям разности частот ЛЧМ сигналов принимаемых на две разнесенные антенны  $A_1$  и  $A_2$ , установленные стационарно или на сопровождающем судне. При измерении горизонтального угла

положение подводного аппарата относительно антенной системы обеспечивающего судна схематично представлено на Рис. 1.

Сигнал излученный маяком принимается на антенны пеленгатора  $A_1$  и  $A_2$  и  $S_1(t)$  и  $S_2(t)$  – соответствующие им комплексные аналитические сигналы. Отсчет угла ведется по часовой стрелке от направления вертикали вниз.

$$S_1(t) = S_{01} e^{j\left(2\pi f_H + \frac{\pi f_{Дев}}{\tau_H} t\right)t}$$

где,  $f_H$  - начальная частота сигнала,  $f_{Дев}$  – частотная девиация,  $\tau_H$  – длительность импульса.

Аналогично в приемном канале второй антенны имеем:

$$S_2(t) = S_{02} e^{j\left(2\pi f_H + \frac{\pi f_{Дев}}{\tau_H} (t - \Delta t)\right)(t - \Delta t)}$$

где,  $\Delta t$  – время запаздывания сигнала по отношению к сигналу на первой антенне. Временная задержка  $\Delta t$  связана с углом прихода  $\alpha$  соотношением:

$$\Delta t = \frac{d}{c} \cos(\alpha)$$

Здесь  $d$  – база интерферометра,  $c$  – скорость звука в воде.

Принятые сигналы двух приемных каналов перемножаются, причем предварительно в одном из них, на основе  $S_2(t)$ , выполняется формирование комплексно-сопряженного колебания  $S_2^*(t)$ . Сигнал  $S(t)$  на выходе умножителя:

$$S(t) = S_1(t) S_2^*(t) = S_{01} S_{02} e^{j\left(2\pi f_H \Delta t - \frac{\pi f_{Дев}}{\tau_H} \Delta t^2\right)} e^{j\left(\frac{2\pi f_{Дев} \Delta t}{\tau_H}\right)t}$$

Модуль спектральной плотности этого сигнала:

$$|G(f)| = \left| \frac{S_{01} S_{02}}{\pi(f - f_0)} \sin(\pi(f - f_0)\tau_{12}) \right|$$

где введено обозначение:  $f_0 = \frac{f_{Дев} \Delta t}{\tau_H}$

Для определения спектральных составляющих функции  $S(t)$  выполняется гармонический анализ, который при цифровой обработке данных проводится с помощью алгоритма быстрого преобразования

Фурье (БПФ). На заключительном этапе обработки полученные спектры анализируются на предмет выявления положения максимума спектральной составляющей  $f_0$ . Направление на объект вычисляется по формуле:

$$\alpha = \arccos\left(\frac{f_0 \tau_n c}{f_{\text{дев}} d}\right)$$

Для оценки возможности практического применения предложенного метода измерения угловых координат было выполнено его тестирование на экспериментальных данных, полученных при испытаниях гидролокационного комплекса в прибрежной зоне мелководного водоема. В ходе этих работ аппаратура комплекса размещались стационарно вблизи берега, а радиуправляемый катер с установленным на нем акустическим маяком перемещался по обследуемой акватории. Излучаемый маяком ЛЧМ сигнал принимался на две разнесенные в горизонтальной плоскости на 1.5 метра антенны, обрабатывался и регистрировался для последующего анализа. При такой конфигурации антенной системы измеряемой координатой является азимутальный угол направления на мобильный объект.

На Рис. 2 представлена яркостная картинка с отметкой углового положения акустического маяка скопированная с экрана монитора приемной аппаратуры в одном из сеансов съемки. Каждая строка представляет собой спектральную плотность мощности сигнала в зависимости от азимутального угла.

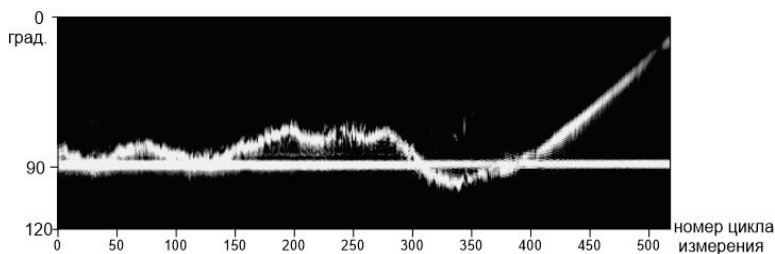


Рис. 2. Отметка углового положения акустического маяка на экране монитора приемной аппаратуры.

Моделирование работы и проверка на экспериментальных данных предложенного частотного способа измерения угловых координат показали возможность его применения для определения местоположения подводного аппарата с точностью, достаточной для

практических целей. Существенным преимуществом представленного способа пеленгования является то, что для данного измерителя синхронизации акустического маяка ПА и приемной аппаратуры.

Работа выполнена по государственному заданию (тема № 0030-2019-0008).

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. П.Х. Милн. Гидроакустические системы позиционирования. - Ленинград: Судостроение. 1989.
2. Каевицер В.И., Кривцов А.П., Смольянинов И.В., Элбакидзе А.В. Локальное позиционирование подводных аппаратов гидроакустической системой с ЛЧМ зондирующими сигналами // Журнал радиоэлектроники: электронный журнал. 2018. № 11 URL: <http://jre.cplire.ru/jre/nov18/14/text.pdf>.

УДК 629.05

### **ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА**

**Ромашко А. С., Егоров С. А.**

*НИИСМ МГТУ им. Н.Э. Баумана, 105005, г. Москва,  
Госпитальный пер., д.10, тел./факс: (499) 263-61-15,  
sm42@sm.bmstu.ru*

**FEATURES OF CONSTRUCTION OF ALGORITHMIC AND SOFTWARE OF INTEGRATED NAVIGATION SYSTEM OF AUTONOMOUS UNHABITABLE UNDERWATER UNIT**

**Romashko A.S., Egorov S.A.**

*NIISM MSTU them. N.E. Bauman, 105005, Moscow,  
Hospital lane, 10.*

В статье представлены устройство и особенности работы комплексной навигационной системы автономного подводного аппарата.

Paper presents structure and operation features of autonomous underwater vehicle's complex navigation system.

Варианты построения навигационных систем автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) отечественных и зарубежных фирм в общих чертах известны. Все они имеют свои особенности, исходя из набора конкретных датчиков, алгоритмов, режимов работы АНПА. Рассматриваемая в докладе комплексная навигационная система (КНС) предназначена для измерения и формирования требуемого набора параметров движения АНПА во всех режимах его работы: на поверхности, в толще воды, у дна.

В состав комплексной навигационной системы входят бесплатформенная инерциальная навигационная система (БИНС), гидроакустический доплеровский лаг (ГДЛ), трехосный магнитометр, приемник спутниковой навигационной системы (приемник СНС), гидроакустические модемы, интегрированные с приемниками гидроакустической навигационной системы (ГАНС), датчик глубины (ДГ) и датчик скорости звука в воде (ДСЗВ). Исходя из распределения по отсекам АНПА, датчики подключаются к трем вычислителям (рис. 1).

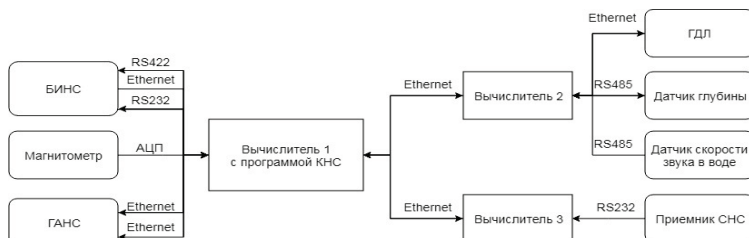


Рисунок 1 – Схема подключения компонентов КНС

Задачей комплексной навигационной системы является определение параметров ориентации и навигации подводного аппарата. Под автономностью КНС будем понимать приведение системы в готовность и функционирование без участия оператора, включающее настройку и диагностику датчиков, принятие решений о способе расчета навигационных параметров, отслеживание сбоев и информирование о них оператора по гидроакустическому каналу связи. Для выполнения поставленных задач программное обеспечение комплексной навигационной системы разделено на функциональные модули (рис. 2). В состав основной программы КНС входят модуль

управления датчиками, обеспечивающий подключение, управление, настройку и диагностику датчиков, модуль расчета параметров навигации, производящий расчет параметров ориентации и навигации на основе данных модуля управления датчиками, и модуль обмена данными, выполняющий передачу результатов расчетов и диагностической информации потребителям и прием управляющих команд от них. Ретрансляторы данных с датчиков позволяют управлять датчиками, подключенными к другим вычислителям по последовательным интерфейсам, и производить проверку работы самих вычислителей на основе наличия связи с ними. Интерфейсы оператора и управляющей программы обеспечивают обмен данными с комплексной навигационной системой и представление их в удобном для потребителя виде. Этот обмен производится как при нахождении АНПА на носителе, так и в погруженном положении по гидроакустическому каналу связи. Управляющая программа является администратором всего программного комплекса подводного аппарата. Интерфейс оператора предоставляет графический интерфейс для пользователей с различными правами: разработчик имеет полный доступ к данным и командам управления комплексной навигационной системы, пользователю предоставляется возможность подстройки конфигурации КНС под выбранную задачу.

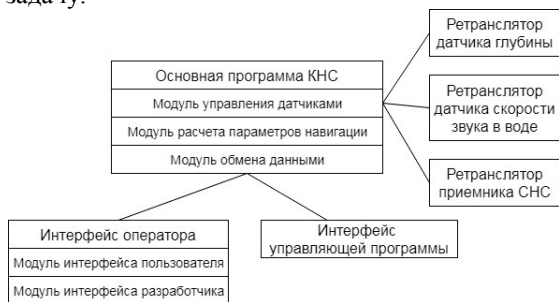


Рисунок 2 – Структура программного обеспечения КНС

Работа комплексной навигационной системы разделена на этапы (рис. 3), позволяющие осуществить последовательную настройку всех ее элементов. На этапе подключения производится установка соединений с датчиками и потребителями. Перечень подключаемых устройств и критичность связи с ними задаются в конфигурационном файле, что позволяет изменять структуру комплексной навигационной системы и определять возможность продолжения работы при отсутствии подключения к некоторым устройствам. Этап ввода

параметров конфигурации позволяет оператору произвести конфигурацию системы с учетом данных о подключенных датчиках. Данный этап имеет изменяемую длительность, что позволяет при необходимости пропустить его. В случае отсутствия параметров от оператора используются их значения по умолчанию. На этапе начальной настройки производится настройка датчиков, включающая начальную выставку БИНС, настройку излучения и проверку работы гидроакустических датчиков, конфигурацию цикла работы ГАНС. После завершения начальной настройки КНС переходит на этап штатной работы, где производится расчет навигационных параметров подводного аппарата. Переход к следующему этапу осуществляется только после успешного завершения предыдущего, в противном случае КНС переходит в режим ожидания команды оператора. Оператору предоставляется возможность перезапуска отдельных этапов работы комплексной навигационной системы.

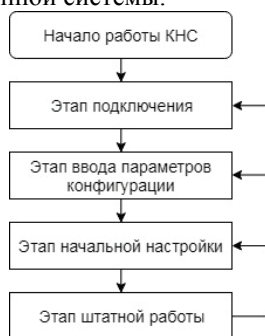


Рисунок 3 – Этапы работы КНС

Взаимодействие комплексной навигационной системы с оператором осуществляется посредством системы сигналов и команд. Команды оператора состоят из идентификатора команды и полей данных. Предусмотрена возможность отключения приема команд от каждого из операторов. В ответ на принятую команду КНС отправляет сигнал, также состоящий из идентификатора и полей данных. Сигнал дублирует команду, что позволяет контролировать передачу команды, а также отслеживать команды других операторов на стороне оператора. Кроме ответных сигналов используются сигналы о смене этапов работы и успешном завершении отдельных процессов, таких как начальная выставка БИНС. Информация об ошибках в работе комплексной навигационной системы также передается в виде сигналов. Ошибки разделены на обычные и критические. Обычные ошибки могут быть

устранены комплексной навигационной системой в полуавтономном режиме и не приводят к ее остановке. Критические ошибки требуют вмешательства оператора и передаются, если дальнейшая работа комплексной навигационной системы невозможна. Передачу сигналов каждому из операторов при необходимости можно отключить.

Алгоритмы расчета параметров навигации и ориентации основаны на комплексной обработке данных датчиков для всех режимов работы АНПА: на поверхности, в толще воды, у дна. При работе на поверхности комплексуются данные с БИНС и приемника СНС, инициализируется система счисления пути АНПА, обрабатывающая данные ГДЛ и БИНС. В толще воды параметры движения аппарата формируются системой счисления пути, периодически корректируемой по данным ГАНС, с оценкой скорости течения. Трехосный магнитометр используется для резервного вычисления угла курса АНПА (с учетом магнитного склонения и произведенной с высокой точностью процедуры устранения девиаций) в случае отказа БИНС. При работе АНПА у дна работа КНС аналогична ее работе при нахождении АНПА в толще воды.

Описанные структура и алгоритмы работы программного обеспечения комплексной навигационной системы АНПА позволяют обеспечить ее автономную работу, предоставляют широкие возможности операторам для диагностики, настройки и управления, обеспечивают системы аппарата необходимой навигационной информацией во всех режимах работы АНПА.

УДК 629.05

## **ПРОГРАММА-ФОРМИРОВАТЕЛЬ НАВИГАЦИОННЫХ ДАнных В ГИДРОАКУСТИЧЕСКИЕ ПОИСКОВЫЕ СРЕДСТВА**

**Ромашко А. С., Бычик Р. В., Егоров С. А.**

*НИИСМ МГТУ им. Н.Э. Баумана, 105005, г. Москва,  
Госпитальный пер., д.10, тел./факс: (499) 263-61-15,  
sm42@sm.bmstu.ru*

**PROGRAM-FORMATOR OF NAVIGATION DATA INTO  
HYDROACOUSTIC SEARCHING DEVICES**

**Romashko A.S., Bychik R.V., Egorov S.A.**



В статье представлены структура и алгоритмы работы программного обеспечения для формирования навигационных данных для гидролокационных поисковых систем.

Paper presents structure and operation algorithms of software program to form navigation data for water sonar search systems.

Гидроакустические поисковые средства (ГПС), такие как гидролокатор бокового обзора (ГБО), параметрический профилограф (ППФ), предполагают наличие навигационной привязки результатов гидроакустической съемки. Определение необходимых параметров навигации (координат) и углов ориентации зависит от носителя данных гидроакустических средств: надводное судно, телеуправляемый необитаемый подводный аппарат (ТНПА), автономный необитаемый подводный аппарат (АНПА). В докладе рассматривается программа, производящая автоматический выбор схемы формирования навигационных данных в зависимости от места установки гидроакустических средств – того или иного носителя.

Применяемые ГБО и ППФ для осуществления координатной привязки требуют определения местоположения их носителя в виде широты и долготы и углов его ориентации: курса, дифферента и крена. В зависимости от вида носителя различаются датчики, по данным которых определяются координаты, и схемы определения координат (рис. 1). При установке на надводном носителе источником координат служит приемник спутниковой навигационной системы с функцией определения углов ориентации (условно назовем Транзас, поставщик изделия Transas). При установке на ТНПА для определения углов ориентации используется бесплатформенная инерциальная навигационная система (БИНС) или бесплатформенная система ориентации, а для определения координат – установленный на судне-носителе приемник Транзас и гидроакустическая навигационная система (ГАНС, поставщик изделия – ООО «Лаборатория подводной связи и навигации»), состоящая из приемо-излучателя, установленного на судне-носителе (условно назовем приемо-излучатель *zima*), и маяк-ответчика, установленного на ТНПА (условно назовем маяк-ответчик *zima*). При установке ГПС на АНПА для определения координат и углов ориентации носителя используется его комплексная навигационная

система (КНС), вариант построения которой представлен в докладе «Особенности построения алгоритмического и программного обеспечения комплексной навигационной системы автономного необитаемого подводного аппарата» (см. данный сборник трудов).



Рисунок 1 – Схемы расположения датчиков при установке ГПС на надводном носителе (1), на ТНПА (2) и на АНПА (3).

Осуществление координатной привязки данных ГБО и ППФ производится путем передачи в них NMEA-сообщений RMC, GGA, PRDCU, содержащих координаты и углы ориентации носителя, по интерфейсу Ethernet. Транзас вырабатывает NMEA-сообщения RMC, GGA, содержащие координаты в виде широты и долготы, HDT и HROT, содержащие данные об углах курса, дифферента, крена и подключается по usb com-порту. Данные с приемо-излучателя zima также приходят по usb com-порту в формате NMEA-сообщений PZMAA, PZMAE, содержащих угол пеленга и расстояние в плоскости горизонта до маяка-ответчика zima. Для управления приемо-излучателем zima могут использоваться NMEA-сообщения или специализированное программное обеспечение (ZimaHost), требующее подключения Транзас, определяющее координаты маяка-ответчика zima в виде широты и долготы и передающее их в формате NMEA-сообщений RMC, GGA по виртуальному com-порту. Данные с БИНС в виде значений углов курса, дифферента, крена передаются по интерфейсу Ethernet. Данные КНС также передаются по интерфейсу Ethernet в виде значений широты и долготы и углов курса, дифферента, крена носителя. Канал получения данных с КНС может использоваться при подключении других датчиков и навигационных систем при условии соблюдения протокола обмена. Программа-формирователь навигационных данных имеет порты для подключения всех перечисленных датчиков и программ, по успешности подключения к которым производится выбор схемы расчета координат (рис. 2).

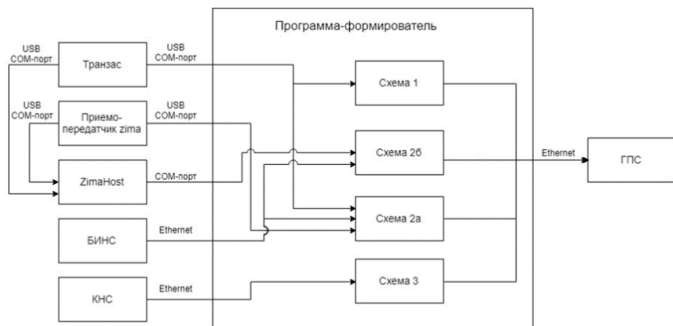


Рисунок 2 – Схема подключения датчиков к программе-формирователю навигационных данных

При установке ГПС на надводном носителе для расчета координат используется схема 1 (рис. 3): RMC и GGA сообщения с Транзас без изменений передаются в ГПС, PRDCU сообщение формируется по данным сообщений HDT и HROT. При установке ГПС на ТНПА расчет координат производится по одному из вариантов схемы 2.

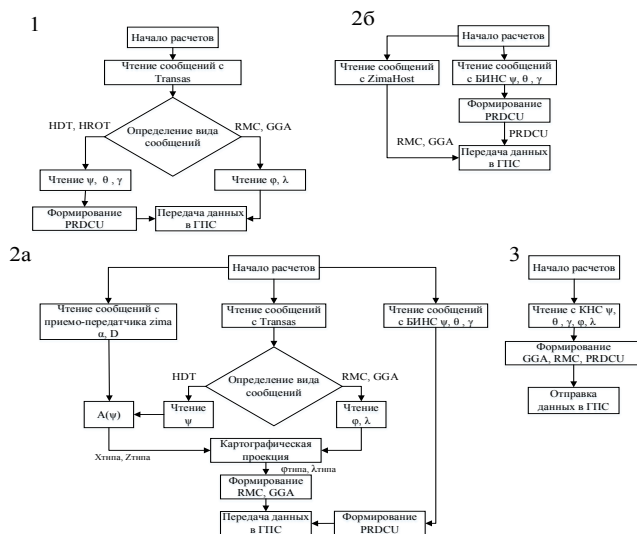


Рисунок 3 – Схемы определения координат в программе-формирователе навигационных данных

При подключении к программе БИНС, приемника Транзас и приемо-излучателя zima (схема 2а на рис. 3) углы ориентации носителя определяются по данным БИНС. Определяемые ГАНС угол пеленга и расстояние в плоскости горизонта до ТНПА и вырабатываемый Транзас угол курса судна-носителя используются для получения координат ТНПА в местной географической системе координат, связанной с судном-носителем. Полученные координаты и данные о широте и долготы судна-носителя с Транзас используются для расчета широты и долготы ТНПА с помощью картографической проекции. При подключении к программе БИНС и ZimaHost, (схема 2б на рис. 3) углы ориентации носителя определяются по данным БИНС, NMEA-сообщения с широтой и долготой ТНПА, получаемые с ZimaHost, передаются в ГПС без изменений. При установке ГПС на АНПА для расчета координат используется схема 3, основанная на формировании NMEA-сообщений для ГПС по данным КНС. Определение схемы расчета координат производится на основе анализа подключенных датчиков: наличие данных с КНС приводит к использованию схемы 3, при успешном подключении к Транзас, приемо-излучателю zima и БИНС расчет координат производится по схеме 2а, подключение к ZimaHost и БИНС приводит к использованию схемы 2б, прием данных только от Транзас приводит к использованию схемы 1. Отсутствие подключения к какому-либо из наборов датчиков приводит к выдаче сообщения об ошибке. Во время работы программы проверяется корректность данных с датчиков, которая отражается в соответствующих полях NMEA-сообщений и сообщениях об ошибках.

Представленная программа производит автономное определение источников навигационных данных носителя ГБО и расчет его координат и углов ориентации, что позволяет изменять место установки оборудования без внесения изменений в программу.

**ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ  
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В КОНСТРУКЦИЯХ  
ПОДВОДНЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ**

**Вельтищев В.В., Сарвира Д.В., Орлов М.А., Букша А.Ю.**

*Московский государственный технический университет имени Н.Э.  
Баумана, ул. 2-я Бауманская, дом 5, стр. 1, 105005, г. Москва,  
8(499)261-36-14, bauman@bmstu.ru*

**PROSPECTS AND PROBLEMS OF APPLICATION OF COMPOSITE  
MATERIALS IN THE STRUCTURE OF UNDERWATER  
MANIPULATORS**

**Veltischev V.V., Sarvira D.V., Orlov M.A., Buksha A.Yu.**

*Moscow State Technical University named after N.E. Bauman, st. 2nd  
Baumanskaya, building 5, building 1, 105005, Moscow.*

В статье представлены перспективы применения композитных материалов в морской технике, возможные проблемы и возможные решения.

The paper presents perspectives in applying composite materials on marine engineering, potential problems and possible solutions.

Высокие прочностные характеристики при относительно низкой плотности композитных материалов позволяют существенно повысить весовую эффективность конструкций. Одним из наиболее перспективных направлений применения композитов в подводном машиностроении является использование их для изготовления деталей манипуляторов подводных аппаратов.

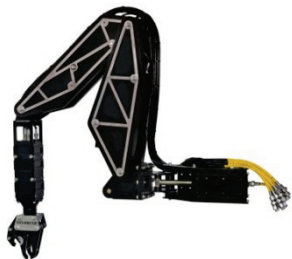


Рис. 1. Манипулятор HLK-5300 «Hvdro-Lek»



Рис. 2. Манипулятор XM-5 «Гидробот» (Россия)

В качестве примеров подобного применения композиционных материалов можно привести манипуляторы HLK-5300 и HLK-5600 фирмы «Hidro-Lek» (Великобритания) (рис. 1), а также XM-5 компании «Гидробот» (Россия) (рис. 2) [1].

Следует отметить, что плечо и предплечье манипулятора HLK-5300 представляют собой простую конструкцию из двух полимерных плит, подкреплённых металлическими пластинками. Применение полимерных материалов без армирования высокопрочными волокнами обеспечивает относительно невысокую стоимость изготовления деталей, однако ограниченные прочностные характеристики полимеров не позволяют полностью раскрыть потенциал композитных материалов.

Как видно из табл. 1, волокнистые композитные материалы имеют несравнимое преимущество в прочности перед обычными полимерами. Направленный характер свойств волокнистых композитов одновременно означает, что наряду с высокими характеристиками в одних направлениях они обладают низкими в других. Управление ориентацией волокон и сочетанием слоёв различных материалов даёт возможность получать конструкции с высокой степенью весового совершенства, не достижимой при использовании традиционных материалов, но требует применения достаточно сложных методик предварительного расчёта и высокой культуры производства.

Табл. 1. Осредненные прочностные характеристики некоторых полимеров и композитных материалов

Материал	Предел текучести при сжатии (МПа)	Предел текучести при растяжении (МПа)	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
HDPE (полиэтилен высокой плотности)	12,6	26,1	954
ABS (акрилонитрил-бутадиен-стирол)	н.д.	45	1070
PC (поликарбонат)	65,7	63,3	1200
Углепластик однонапр. армирования (нагрузка вдоль волокон)	450	1100	1500

Большой опыт работы с композитными материалами в области авиационного и космического машиностроения позволил МГТУ им. Н.Э. Баумана разработать и изготовить детали из углепластика для замены металлических частей подводного манипулятора в целях облегчения его конструкции. При этом и к титановой, и к композитной детали предъявлялись одинаковые требования прочности и жесткости. В результате, несмотря на то, что конструкция деталей из титана прошла топологическую оптимизацию, композитное плечо оказалось легче на 35%, а предплечье – на 17%. Массовые характеристики приведены в табл. 2. Расчёты жесткости и прочности моделей с учетом особенностей примененных материалов проводились в среде ANSYS. Изготовленные образцы деталей из углепластика успешно прошли испытания.

Проблемами на пути широкого применения волокнистых композитов в подводной технике являются некоторые специфические отраслевые требования стойкости применяемых материалов к внешним факторам, а именно:

-воздействие гидростатического давления в широком диапазоне глубин;

-агрессивное воздействие среды (работа в морской воде, длительное хранение в условиях соляного тумана);

-длительное воздействие прямых солнечных лучей (УФ-излучение).

Табл. 2.

Деталь	Материал	Масса, кг
Плечо	Сплав 3М	17
	Углепластик	11
Предплечье	Сплав 3М	8,1
	Углепластик	6,7

Кроме того, материалы должны обладать минимальным влагопоглощением или не поглощать воду вообще, в том числе под воздействием гидростатического давления, поскольку проникая во внутреннюю структуру влага приведёт к его разрушению при отрицательных температурах.

Для оценки применимости углепластиковых композитов в указанных условиях МГТУ им. Н.Э. Баумана провел ряд экспериментов. Объектами испытаний стали образцы углепластиков на основе углеродной биаксиальной ткани с направлением волокон  $+45^\circ/-45^\circ$ , однонаправленной углеродной ткани и эпоксидной смолы с отвердителем в качестве матрицы. На часть образцов наносили напыляемые защитные составы на основе двухкомпонентного полиуретана: немодифицированный и модифицированный гидрофобной добавкой. Кроме того, часть образцов подверглась искусственному предварительному повреждению.

По результатам испытаний можно сделать вывод, что исследованный материал мало подвержен действию факторов морской воды и отрицательных температур (до  $-50^\circ\text{C}$ ), и пригоден для применения в подводной технике при условии сохранения целостности наружного слоя связующего полимера. Для повышения надежности требуется наличие покрытия со специальными свойствами, в первую очередь, с повышенной износостойкостью. Разработанный МГТУ им. Н.Э. Баумана состав на основе полиуретана с гидрофобным модификатором успешно прошел испытания на эрозионную стойкость [2], а также стойкость к плесневым грибам и соляному туману.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Зубков С.Н. Разработка пятистепенного манипуляционного комплекса с использованием композиционных материалов и гибридной системы приводов. Материалы XVI Всероссийской научно-технической конференции «Современные методы и средства океанологических исследований» (МСОИ-2019). М.:2019. с.114-117.
2. Поликарпова И.А., Орлов М.А., Богачёв В.В., Сторожук И.П. Разработка и исследование защитного полиуретанового покрытия в условиях эксплуатации. Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Полимерные композиционные материалы нового поколения для гражданских отраслей промышленности». М.: Изд-во Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов, 2020. с.117-128.

УДК 519.876.5

### **РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДВИЖЕНИЯ ПОДВОДНОГО АППАРАТА С РЕАЛИЗАЦИЕЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПО ГЛУБИНЕ**

**Худайдатова Р.Р., Ветюгов Н.С., Розман Б.Я.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова (ИОРАН) 117851  
Нахимовский пр-кт, 36, т. 89154539344, rozakhudaydatova@gmail.com*

**DEVELOPMENT OF A MODEL OF THE UNDERWATER VEHICLE  
MOTION WITH THE IMPLEMENTATION OF THE DEPTH TRAFFIC  
CONTROL SYSTEM**

**Khudaydatova R.R., Vetyugov N.S., Rozman B.Ya.**

*Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, 36,  
Nakhimovskii prospect, Moscow, 117851.*

В статье рассматривается разработка модели аппарата (на основе ТНПА V8 СИ) с реализацией системы управления движением по глубине. По результатам моделирования подводного аппарата в SolidWorks были произведены расчеты присоединенных масс жидкостей, гидродинамических коэффициентов, гребного винта. Осуществлен

анализ влияния скошенного потока на рабочие характеристики гребного винта. По результатам проектирования системы управления движением по глубине составлена структурная схема и проведен синтез корректирующих устройств, после которого система управления стала обладать следующими параметрами –перерегулирование  $\sigma = 3,99$ , время переходного процесса  $t_{\text{пп}} = 0,737\text{с}$ .

The article discusses the development of a model of the device (based on the ROV V8 SII) with the implementation of a depth motion control system. Based on the results of the simulation of the underwater vehicle in SolidWorks, calculations were made of the added masses of fluids, hydrodynamic coefficients, and the propeller. The analysis of the effect of canted flow on the performance of the propeller is carried out. Based on the results of the design of the motion control system in depth, a structural diagram was drawn up and the synthesis of corrective devices was carried out, after which the control system began to possess the following parameters — overshoot 3,99 %, transient time 0,737 c.

Телеуправляемые необитаемые подводные аппараты (ТНПА) предназначены для выполнения подводных работ на внутренних водах, в морских прибрежных, открытых акваториях. С их помощью становится возможным развитие нефти и газодобывающей отрасли в шельфовой зоне, проведение обследовательских работ в акваториях морей, океанов и на внутренних водах, осуществление спасательных и поисковых операции затонувших объектов, гидрографические и биологические исследования на всех глубинах мирового океана. Поэтому разработка системы управления (СУ) движением по глубине является актуальной темой.

В статье было рассмотрено построение геометрической модели подводного аппарата с помощью SW. Моделирование осуществлялось с учетом габаритных размеров и массы подводного аппарата V8 SII [1], но без учета кабелей, проводов, сборочных креплений, внутренних деталей прочных корпусов. Также принимается нейтральная плавучесть геометрической модели подводного аппарата.

Проведен расчет присоединенных масс жидкости подводного аппарата с помощью замены ТНПА на эквивалентный параллелепипед, в результате значение присоединенных масс жидкости равно  $\lambda_{22} = 207,5\text{кг}$ .

Осуществлен расчет приведенных гидродинамических коэффициентов при помощи обдува модели подводного аппарата в

пакете SW Flow Simulation на малых скоростях. По полученному графику результатов обдува определена аналитическая зависимость силы гидродинамического сопротивления от скорости набегающего потока, в результате приведенные коэффициенты равны

$$C_{y1} = 245,57 \frac{\text{Н}\cdot\text{с}^2}{\text{м}^2}, C_{y2} = 33,525 \frac{\text{Н}\cdot\text{с}}{\text{м}}.$$

Проведен расчет гребного винта аналитически и с помощью моделирования в пакете SW Flow Simulation. [2] Осуществлен анализ влияния скошенного потока на рабочие характеристики гребного винта (отклонение вектора упора от оси движителя  $\theta = 13,5^\circ$ ,  $P_{\text{скош}} = 175,78\text{Н}$ ). По результатам расчета был подобран двигатель постоянного тока BL210.480 компании Transtecno, исходя из рассчитанной мощности ДРК ( $M = 2,85\text{Н}$ ,  $n = 1542 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$ ,  $N = 460,21\text{Вт}$ ), определена рабочая точка с координатами  $M=3,074 \text{ Н}\cdot\text{м}$  и  $n = 26,68 \frac{\text{об}}{\text{с}} = 1600,8 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$ . По поверочному расчету определено, что движительно-рулевой комплекс (ДРК) обеспечивает скорость  $1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

Была реализована система управления движением по глубине. По упрощенному уравнению динамики ТНПА по оси  $y$  построена структурная схема канала управления движением по глубине. [3]

Произведен синтез контура скорости, определено значение КУ ( $K_2 = 278$ ), перегулирование и время переходного процесса равны  $\sigma_p = 4,33$ ,  $t_{\text{пп}} = 0,507\text{с}$ . Также осуществлен синтез контура положения, значение КУ равно  $K_1 = 850$ , время перегулирования и время переходного процесса равны  $\sigma_p = 4,9$ ,  $t_{\text{пп}} = 1,27\text{с}$ .

Для компенсации статической ошибки  $y_{\text{уст}} = 0,01\text{м}$  от постоянного возмущающего воздействия  $F_B = 100\text{Н}$  введен Пирегулятор с постоянной времени  $T = 1,1\text{с}$ .

В результате система управления движением по глубине обладает следующими параметрами – перегулирование  $\sigma = 3,99$ , время переходного процесса  $t_{\text{пп}} = 0,737\text{с}$ , запас устойчивости по фазе  $\Delta\varphi = 49,7^\circ$  и амплитуде  $\Delta A = 13,8\text{дБ}$ .

Итоговая структурная схема системы управления движением по глубине представлена на рисунке.

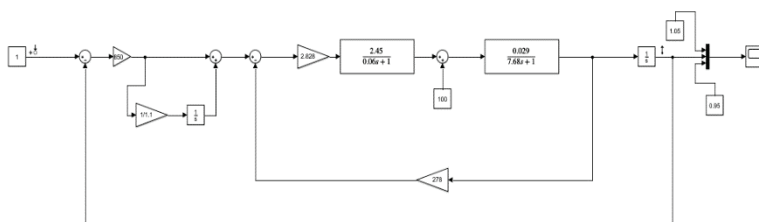


Рисунок — Структурная схема системы управления движением по глубине

«Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (темы № 0128-2021-0010, № 0128-2021-0011) при поддержке РФФИ (проекты № 20-05-00384 «А» и № 18-05-60070 «Арктика»).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Осмотровый подводный аппарат V8 SII компании Ocean Modules: сайт. – URL: <http://www.ocean-modules.com> (дата обращения: 10.06.2020). – Текст: электронный.  
Е.Н. Пантов, Н.Н. Махин, Б.Б. Шереметов. Основы теории движения подводных аппаратов – Л.: «Судостроение», 1973.
2. Методы имитационного моделирования систем управления движением подводного аппарата: учеб. пособие/ Вельтищев В.В., Минеев А.Б.; МГТУ им. Н. Э. Баумана. -М: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана,2018. – 122 с.
3. В.В. Вельтищев. Проектирование подводных робототехнических систем / Учебно-методическое пособие. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. 37с.
4. Егоров С.А., Молчанов, А.В. Обзор алгоритмов локальных контуров управления движением подводных аппаратов // Научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана «Наука и образование» Электронный журнал август 2011 г. № 8 с. 1-5.
5. В.А. Бесекерский. Динамический анализ систем автоматического регулирования – М.: «Наука», 1970.

УДК 519.876.5

## РАЗРАБОТКА СПУКОПОДЪЕМНОГО УСТРОЙСТВА С ЦЕЛЬЮ РЕАЛИЗАЦИИ ЕГО СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

**Евdochuk Д.Д., Худайдатова Р.Р., Елкин А.В.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова (ИОРАН) 117851  
Нахимовский пр-кт, 36, т. 89857726061, rammlait@gmail.com*

### DEVELOPMENT OF A LAUNCH AND RECOVERY DEVICE WITH THE IMPLEMENTATION OF ITS CONTROL SYSTEM

*Evdochuk D.D., Khudoydatova R.R., Elkin A.V.*

*Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, 36,  
Nakhimovskii prospect, Moscow, 117851.*

В статье рассматривается разработка спускоподъемного устройства, с реализацией системы его управления. В качестве аппарата, с которым будет использоваться данное устройство был выбран подводный аппарат «СуперГном». В ходе работы были рассчитаны силы и моменты, возникающие и действующие на систему и ее компоненты, а также спроектированы и подобраны механические ее части. По окончании конструкторской деятельности была составлена и проанализирована математическая модель. В результате этого был проведен ее синтез.

The article discusses the development of a hoisting device, with the implementation of its control system. The underwater vehicle "SuperGnome" was chosen as the apparatus with which this device will be used. In the course of the work, the forces and moments arising and acting on the system and its components were calculated, as well as its mechanical parts were designed and selected. At the end of the design activity, a mathematical model was drawn up and analyzed. As a result, its synthesis was carried out.

В современном мире крайне резко происходит развитие подводной робототехники, в том числе и телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов (ТНПА). Эти аппараты выполняют множество научно-исследовательских работ, с которой человеку проблематично было бы справиться самому. Для проведения этих работ, необходимо

доставлять аппарат на место с помощью судна-носителя, но это не все. Более сложной задачей является осуществить связь аппарата с оператором, который руководит его действиями с борта корабля, предоставить подачу питания на аппарат и выполнять спускоподъемные операции.

Для решения всех этих задач разрабатывается специальное устройство – кабельная лебедка. На этой лебедке закреплен специальный кабельный трос, который предназначен для выдерживания больших нагрузок, и заодно выполняет функции снабжения ТНПА питанием и позволяет оператору управлять им. Это устройство, называемое спускоподъемное устройство (СПУ), дает возможность не только поднимать аппарат на борт судно-носителя и управлять им, но и следить за расстоянием, на которое аппарат отделился от судно-носителя, посредством измерения длины отмотанного или намотанного кабеля. Поэтому разработка системы управления СПУ является актуальной темой.

В статье была произведена разработка СПУ, для выборов характеристики которой необходимо было использовать существующий подводный аппарат, имеющий известные как массогабаритные характеристики, так и заданные условия эксплуатации, такие как максимальная глубина погружения, длина кабеля и тд. Имея эти характеристики, стало возможным определить моменты и силы, действующие на лебедку, что послужило определяющим фактором для выбора привода кабельной лебедки. Так суммарный момент равен  $M = 2,84 \text{ Н}$ .

Был выбран привод, представляющий собой двигатель и редуктором. В качестве двигателя выступил ДПТ DCX 32 L компании «Махон» (мощность 70Вт, номинальный момент 0,108мН[1], а в качестве редуктора – планетарный редуктор 3МП31,5 разработанный научно-технологическим центром (НТЦ) «Редуктор» (частота вращения выходного вала 3,55 об/мин, крутящий момент на выходном валу 155 Н·м). Эти параметры позволят обеспечить исправную работу СПУ при спускоподъемных операциях даже при поломки ТНПА.

Далее была разработана система управления кабельной лебедки, основанная на уравнениях, математически описывающие работу двигателя и редуктора. [3]

После синтеза системы было определено значение времени переходного процесса – 3,4с, перерегулирование, ровно, как и автоколебания отсутствуют, система астатична. На рисунке изображена структурная схема систему управления кабельной лебедки.

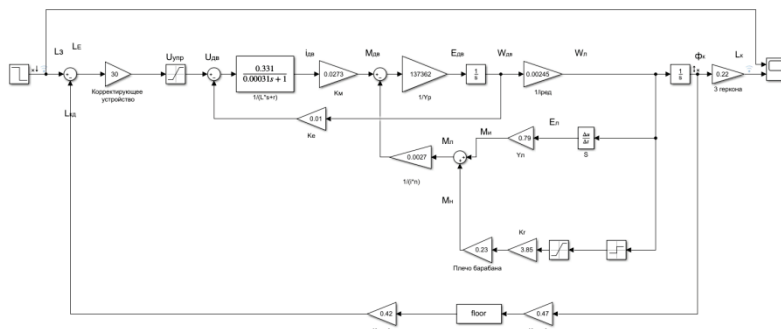


Рисунок – Структурная схема системы управления кабельной лебедки.

«Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (темы № 0128-2021-0010, № 0128-2021-0011) при поддержке РФФИ (проекты № 20-05-00384 «А» и № 18-05-60070 «Арктика»)).»

## ЛИТЕРАТУРА

1. Каталог двигателей Махон [Электронный ресурс]: URL: <https://www.maxonmotor.com/maxon/view/catalog> (дата обращения 23.05.2020)
2. Каталог редукторов НТЦ «Редуктор» [Электронный ресурс]: URL: <https://6-es.ru/produksiya/> (дата обращения 23.05.2020)
3. В.В. Вельтищев. Проектирование подводных робототехнических систем / Учебно-методическое пособие. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. 37с.

УДК 626/627

## ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ГИДРОГРАФИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС С МНОГОЛУЧЕВЫМ ЭХОЛОТОМ

**Дунчевская С.В. Колесников А.В.**

*ООО Научно-производственное предприятие «Форт XXI»,  
ул. Пионерская, 4, 141070, г. Королев, 8 (495) 789-90-19, svd@fort21.ru*

## RUSSIAN MBE HYDROGRAPHIC SYSTEM

Dunchevskaya S.V., Kolesnikov A.V.

*Scientific and production Company FORT XXI Ltd., 4, Pionerskaya str.,  
Korolev, 141070*

В статье представлен гидрографический промерный комплекс с многолучевым эхолотом, сформированный на основе оборудования и программного обеспечения отечественной разработки.

Paper presents the hydrographic system with multibeam sonar consists of equipment, sensors and software developed in Russia.

В настоящее время для выполнения гидрографических работ с высокой детализацией все более широко используются комплексы на основе многолучевых эхолотов (МЛЭ). Наиболее часто применяемая конфигурация комплекса состоит из:

- одного или двух комплектов приемных и излучающих антенн многолучевого эхолота;
- автономного или встроенного в МЛЭ гидролокатора бокового обзора (ГБО);
- датчика текущей скорости звука в воде, расположенного непосредственно на антенне МЛЭ;
- профилографа скорости звука, используемого для измерения вертикального распределения скорости звука в воде, измерение которого необходимо для выполнения расчетов и точного определения глубин
- датчик динамических перемещений, измеряющий текущие значения крена и дифферента судна и вертикальные перемещения;
- комплекта навигационного оборудования (ГНСС-оборудования), определяющего координаты судна с сантиметровой точностью;
- ГНСС-компаса, определяющего текущий курс судна;
- интерфейсного модуля, осуществляющего обмен данными между всеми устройствами, входящими в состав комплекса;
- рабочая станция для управления работой оборудования, сбора, отображения и обработки данных;
- программное обеспечение

До недавнего времени все комплексы с МЛЭ формировались



исключительно на базе оборудования программного обеспечения зарубежного производства. В большинстве случаев использовались многолучевые эхолоты RESON SeaBat, R2Sonic, Kongsberg EM. Для определения скорости звука использовались датчики SVS и SVP Valeport, AML, в качестве ГНСС-оборудования и ГНСС-компасов применялось оборудование Trimble, Javad, NovAtel. Наиболее распространенным программным обеспечением (ПО) для выполнения работ и обработки данных является Qincy, PDS, HyPack, EIVA и другое аналогичное ПО. В связи с непрерывным ужесточением санкций, применяемых к экспорту в Россию высокотехнологичного оборудования все более сложным становится техническое и метрологическое обеспечение зарубежного оборудования. Это вызвало необходимость разработки гидрографического комплекса с МЛЭ с минимальным содержанием импортного оборудования.

Наличие опыта работы с несколькими моделями импортных МЛЭ и программного обеспечения позволило сформировать требования к комплексу из оборудования и программ, который мог бы постепенно заменить зарубежные аналоги.

Первый вариант комплекса с применением МЛЭ канадского производства DT101Xi, взаимодействие с производителями которого позволило интегрировать его в создаваемое мультисонарное ПО, был испытан в 2018 году. Модульная структура ПО и интерфейсного блока комплекса предусматривает его работу с различными моделями как многолучевых эхолотов, так и внешних датчиков, ГНСС-оборудования. В качестве дополнительной полезной функции в ПО была реализована возможность одновременной с работой МЛЭ, полноценной работы с гидролокатором бокового обзора с максимальной подробностью получаемой информации, выкладкой данных и отметок на навигационную и трехмерную карту, измерением расстояний, оконтуриванием объектов. Отечественными компонентами комплекса кроме ПО и интерфейсного блока являлись комплект ГНСС-оборудования с работой в RTK-режиме (Real Time Kinematic) и ГНСС-компас. В 2019-2020 годах была проведена успешная опытная эксплуатация данного комплекса на участках Канала им. Москвы, реке Неве и Ладожском озере. При работе комплекса в окне трехмерной визуализации отображается трехмерная модель рельефа, формируемая по данным МЛЭ, на ней размещаются модели объектов, находящихся на акватории, поставленные оператором отметки. В окне обеспечения работы ГБО отображаются данные гидролокатора в виде классического «водопада». При этом по любому объекту, обнаруженному на экране ГБО можно поставить отметку на трехмерную карту.

Фрагмент рабочего окна ПО обеспечения работы комплекса с окнами МЛЭ и ГБО показан на рисунке 1.

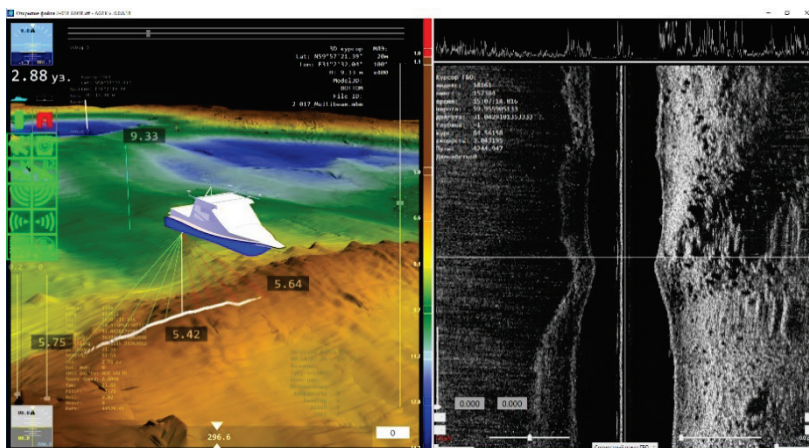


Рис. 1. Фрагмент рабочего окна ПО обеспечения работы комплекса с окнами МЛЭ и ГБО.

В 2020-2021 году в состав комплекса были интегрированы МЛЭ-300, разработанный Акустическим институтом имени академика Н.Н. Андреева, датчик и профилограф скорости звука, датчик динамических перемещений, разработанные НПП «Форт XXI». Это позволило получить комплекс, полностью состоящий из компонентов отечественной разработки. В настоящий момент проводится опытная эксплуатация данного комплекса для улучшения его технических и эксплуатационных характеристик. Участие разработчиков ПО в опытной эксплуатации комплекса позволило создать дополнительные инструменты, отсутствующие в зарубежных аналогах, позволяющие облегчить работу судоводителя при выполнении съемки в сложных условиях при наличии ветра и течения. На рис. 2 показана работа инструмента, показывающего текущую область захвата МЛЭ и глубины на границах этой области для контроля безопасности при съемке на границе мелководных участков.

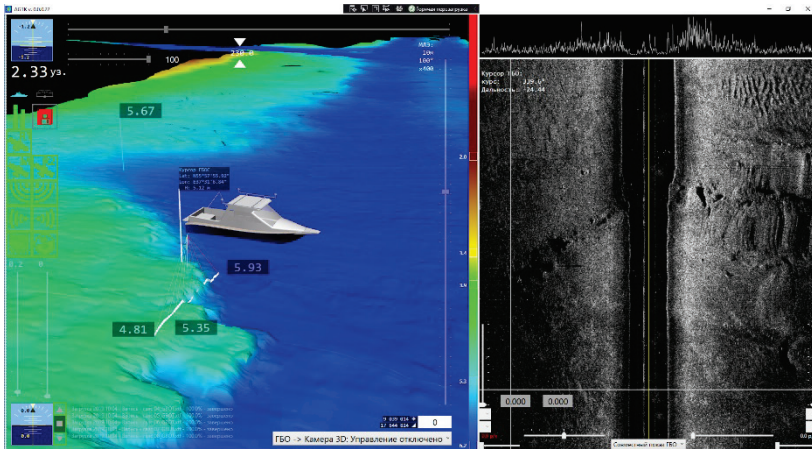


Рис. 2. Фрагмент рабочего окна ПО обеспечения работы комплекса с окнами МЛЭ и ГБО.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дунчевская, С. В. Комплексное применения инновационных технологий при обследовании подводной части гидротехнических сооружений / С. В. Дунчевская // Сборник докладов. III Международная научно-практическая конференция «Современные технологии проектирования и строительства гидротехнических сооружений». - Москва: 2020. С. 57-60.
2. Дунчевская, С. В. Интегрированные комплексы для гидрографических работ / С. В. Дунчевская, Л. А. Иванов, А. В. Колесников, Г. С. Левин, П. П. Сторожев // Труды III Международной геолого-геофизической конференции и выставки «ГеоЕвразия 2020. Современные технологии изучения и освоения недр Евразии» Том III. - Тверь: «ПолиПРЕСС», 2020. С.126-129.

## ЭКОЛОГИЯ ОКЕАНА

УДК 504.42(269.718):504.054

### МЕТОДИКИ МОНИТОРИНГА ПЛАВАЮЩЕГО МОРСКОГО МУСОРА (НА ПРИМЕРЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ)

**Погожева М.П.<sup>1,3</sup>, Якушев Е.В.<sup>1,2</sup>, Терский П.Н.<sup>3</sup>, Глазов Д.М.<sup>4</sup>,  
Коршенко А.Н.<sup>1,3</sup>, Ханке Г.<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>*Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва, Россия,  
117997, г.Москва, Нахимовский проспект, д. 36,  
pogojeva\_maria@mail.ru*

<sup>2</sup>*Норвежский институт водных исследований (NIVA). Норвегия, 0345,  
Осло, Гаустадален, 21*

<sup>3</sup>*Государственный океанографический институт им.Н.Н.Зубова,  
Росгидромет, Россия, 119034, Москва, Кропоткинский пер., д.6*

<sup>4</sup>*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова  
Российской академии наук, Россия, 119071, г.Москва, Ленинский  
проспект, д.33*

<sup>5</sup>*Объединенный исследовательский центр (JRC), Италия, I-21027,  
Испра, Виа Энрико Ферми 2749*

### FLOAING MARINE MACRO LITTER MONITORING METHODOLOGIES (BARENTS SEA EXAMPLE)

**Pogojeva M.P.<sup>1,3</sup>, Yakushev E.V.<sup>1,2</sup>, Tersky P.N.<sup>3</sup>, Glazov D.M.<sup>4</sup>,  
Korshenko A.N.<sup>1,3</sup>, Hanke G.<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>*Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, 36,  
Nahimovskiy pr., Moscow, 117997, Russia pogojeva\_maria@mail.ru*

<sup>2</sup>*Norwegian Institute of Water Research, Gaustadalleen 21, Oslo, 0345,  
Norway*

<sup>3</sup>*N.N.Zubov's State Oceanographic Institute, Roshydromet, 6, Kropotkinskii  
Lane, 119034 Moscow, Russian Federation*

<sup>4</sup>*A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, 33, Leninsky pr., Moscow,  
119071, Russia*

<sup>5</sup>*European Commission Joint Research Centre, Via Enrico Fermi 2749, I-  
21027 Ispra (VA), Italy*

Основными целями этой работы было тестирование различных методов мониторинга плавающего морского мусора, получение новых данных о местах его скопления в Баренцевом море и обсуждение потенциальных источников его поступления в морскую среду.

The main objectives of this work were to test new methods for floating marine macro litter monitoring, acquisition of new data on the potential accumulation areas of floating marine macro litter in the Barents Sea and an analysis of potential sources.

В настоящее время морской мусор, особенно пластик, является одной из наиболее актуальных проблем воздействия на морскую среду в глобальном масштабе [1]. Существуют большие расхождения, связанные с мировыми оценками проблемы морского мусора, попадающего в океаны каждый год. По текущим оценкам количество макропластика, поступающего с суши в морскую среду ежегодно, варьируется от 4,5 до 12,7 млн. тонн, а 1,75 млн. тонн происходит из так называемых морских источников, таких как рыболовство, аквакультура (рыбоводство) и судоходство [2].

Несмотря на то, что Арктические районы представляются мало населенными с практически отсутствием какой-либо активной промышленной и производственной деятельности, наличие активного рыболовного промысла и добыча полезных ископаемых и, соответственно, активное судоходство создает существенную нагрузку на экосистему Баренцева моря.

Целью данной работы было тестирование различных методов мониторинга плавающего морского мусора (ММ), предварительная оценка уровня загрязнения плавающим мусором, его потенциальных источников, путей и мест скопления в Баренцевом и Белом морях. Данные были получены в результате комплексной научно-исследовательской экспедиции «Трансарктика-2019» в мае-июне 2019 г. Экспедиция проходила в Восточной части Баренцева моря и в части Белого моря, маршрут проходил от г. Архангельска до Земли Франца-Иосифа.

Наблюдения выполнялись по ходу движения судна двумя разными способами. Проводилось тестирование европейской методики института JRC (г. Испра, Италия) согласно которой при помощи специального приложения, заранее установленного на планшет на базе Андроид фиксировались встречи морского мусора на поверхности моря. Приложение позволяет записывать трек учета с привязкой каждого объекта к GPS координатам и идентифицировать объекты морского

мусора по установленным общепринятым категориям. Параллельно с этими наблюдениями проводились непрерывные 24-часовые наблюдения за встречаемым мусором другими сменяющимися наблюдателями. Все встречаемые объекты фиксировались в бумажном протоколе с привязкой каждого объекта к GPS координатам. Наблюдения включали идентификацию категорий мусора по составу согласно методике.

Плавающий морской мусор встречался в течение всей экспедиции. Результаты наблюдений показали, что концентрация плавающего мусора сильно варьировала вдоль маршрута следования судна от обширных участков чистой воды без мусора до районов с очень значительными скоплениями. В данном исследовании представлены первые данные о загрязнении района исследований плавающим морским мусором, что является дополнением к общей оценке состояния окружающей среды Баренцева и Белого морей. В результате проведенной экспедиции было протестировано приложение Floating Litter Monitoring для мониторинга плавающего морского мусора. Апробация в полевых условиях доказала удобство его использования для такого вида работ. Данное приложение может быть рекомендовано для последующих попутных наблюдений за плавающим морским мусором.

Регулярные мониторинговые исследования могли бы помочь в определении основных источников поступления мусора, распространения и влияния его на морские организмы, спланировать необходимые действия по предотвращению дальнейшего загрязнения акваторий морским мусором.

Экспедиция была организована в рамках программы «Трансарктика - 2019» с целью проведения комплексных экспедиционных исследований экосистем Баренцева моря на научно-экспедиционном судне «Михаил Сомов». Также работы были проведены при поддержке проекта Норвежского Фонда Исследований №13149 ЭСКИМО (ESCIMO) и №288079 МАЛИНОР (MALINOR). Авторы благодарят за помощь в сборе материала сотрудников ИПЭЭ РАН кандидата биологических наук Ольгу Виленовну Шпак, Светлану Михайловну Артемьеву, Алексея Александровича Тимшина и сотрудников ФГБУ Северное «УГМС» кандидата биологических наук Игоря Юрьевича Попова и Юлию Андреевну Давыдову.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 UNEP (2016). Marine plastic debris and microplastics - Global lessons and research to inspire action and guide policy change. Nairobi, United Nation Environment Programme.
- 2 Jambeck, J. R., R. Geyer, C. Wilcox, T. R. Siegler, M. Perryman, A. Andrady, R. Narayan and K. L. Law (2015). Marine pollution. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223): 768-771 DOI: 10.1126/science.1260352.

УДК 597.585.2-169:574.3(261.1)

### ПАЗИТОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД В ЭКОЛОГО-ПОПУЛЯЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ОКУНЯ-КЛЮВАЧА *SEBASTES MENTELLA* СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ

Бакай Ю.И.

*Полярный филиал “Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)” (“ПИНРО” им. Н.М. Книповича), ул. Академика Книповича, 6, 183038, Мурманск. 8(8152)402600(доб. 1248), [bakay@pinro.ru](mailto:bakay@pinro.ru)*

### PARASITOLOGICAL METHOD IN THE ECOLOGICAL AND POPULATION RESEARCH OF THE BEAKED REDFISH *SEBASTES MENTELLA* IN THE NORTH ATLANTIC

Bakay Yu.I.

*Polar Branch of the “Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO)” (“PINRO” named after N.M. Knipovich), Murmansk 183038*

В работе представлены результаты применения данных по паразитам окуня-клювача *Sebastes mentella* в морях Северной Атлантики при изучении эколого-популяционных особенностей этого хозяина.

The paper presents the results from application of data on parasites which were obtained in the course of research studies on the ecological and population features of beaked redfish *Sebastes mentella* in the North Atlantic.

Паразитологический метод - общепринятый подход при исследованиях экологических особенностей и популяционной биологии гидробионтов, поскольку паразиты служат индикаторами особенностей среды своего хозяина [1, 2, 3, 4, 5]. Преобладание в сообществах паразитов окуня-клювача видов мезобентального, полизонального и мезопелагического экологических комплексов, а также арктическо-бореальных видов [2, 3, 4, 5, 6] характеризует этого хозяина как придонно-пелагический вид субполярной и умеренной зон морей Северной Атлантики, населяющий районы смешения потоков вод арктического и атлантического происхождения. Стабильность во времени (не позже начала 1980-х гг.) и пространстве (акватория более 450 тыс. кв. миль) паразитарной системы “копепода *Sphyrion lumpi* - окунь-клювач” (рис. 1 а) и паразитоценоза этого хозяина [3, 4, 6] косвенно свидетельствует о равновесном состоянии биоценоза мезопелагиали Северной Атлантики (моря Ирмингера и Лабадор).

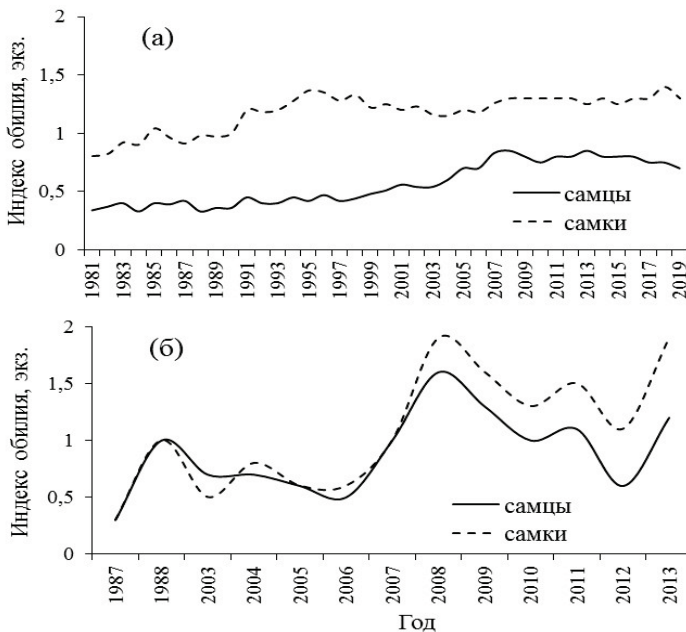


Рис. 1. Межгодовая динамика индекса обилия инвазии окуня-клювача копеподой *Sphyrion lumpi* в мезопелагиали моря Ирмингера (а) и севера Норвежского моря (б) в 1981-2019 гг.



Сохранение такого равновесия наблюдается на фоне чередования в этом районе холодных и аномально холодных лет (1981-1995 гг., 2016-2019 гг.) с теплыми и аномально теплыми (1998-2013 гг.) по тепловому состоянию вод деятельного слоя [7], а также 40-летнего пресса международного промысла окуня-клевача. Стабильные значимые различия степени инвазии самцов и самок окуня единственным специфичным ему паразитом (*S. lumpi*), свойственные только его североатлантической популяции, обоснованы в качестве фена клевача этой популяции (в понимании Яблокова, 1982) [8], свидетельствуя, что видоспецифичные паразиты могут служить не только индикаторами экологии своего хозяина, но и показателями его “родства”. Многолетнее постоянство степени зараженности этой копеподой служит косвенным свидетельством относительной стабильности численности особей (промыслового запаса) окуня-клевача, обитающего в мезопелагиали морей Северной Атлантики на глубине 100-1000 м. Так, при значительном уменьшении последнего, приводящему к снижению плотности скоплений окуня, следует ожидать и снижения его зараженности паразитами с прямым циклом развития (*S. lumpi*), поскольку сокращается возможность у очередного поколения малоподвижных свободноплавающих метанауплиусов самок этой копеподы, имеющих короткий период существования, обнаружить и прикрепиться к подвижной цели - окуню, а у самцов паразита - найти и оплодотворить самку *S. lumpi*.

Паразитологические данные свидетельствуют, что пелагическая группировка окуня-клевача североатлантической популяции едина пространственно и батиметрически и значительно обособлена от ее придонной группировки, обитающей на сопредельной акватории батиали Гренландии, Канады и Исландии [2, 3, 5, 6]. Последнее подтверждено результатами подводного мечения [9].

В результате географического анализа структуры сообществ паразитов и многолетней динамики характеристик обоснованного автором фена доказано возникновение в начале 2000-х гг. массовой миграции особей окуня-клевача из мезопелагиали моря Ирмингера за пределы североатлантической популяции в Норвежское море [4], которая в 2008 г. достигла северной части этого моря (рис. 1 б). Вероятно, такие миграции окуня проявлялись и ранее, свидетельствуя о существовании “донорства” его североатлантической популяции в отношении норвежско-баренцевоморской популяции и вероятном источнике происхождения второй из них.

Значительные отличия состава и особенностей формирования разнообразия сообществ паразитов в онтогенезе окуня-клевача указывают на обособленность его скоплений на банках Флемиш-Кап и Большой Ньюфаундлендской [2].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Stock identification methods: applications in fishery science. Second edition: edit. S. Cadrin, L. Kerr, S. Mariani. - Elsevier acad. press. NY, 2005. - 565 p.
2. Бакай, Ю. И. Эколого-популяционные особенности окуня-клевача *Sebastes mentella* (Sebastidae) Северо-Западной Атлантики на основе анализа его паразитофауны / Ю. И. Бакай // Вопросы ихтиологии. - 2020. - Т. 60, № 3. - С. 341-350.
3. Бакай, Ю. И. Биолого-экологическая характеристика окуня-клевача *Sebastes mentella* (Scorpaenidae) на разных глубинах в море Ирмингера / Ю. И. Бакай, С. П. Мельников // Вопросы ихтиологии. - 2008. - Т. 48, № 1. - С. 73-85.
4. Бакай, Ю. И. Эколого-популяционные особенности окуня-клевача *Sebastes mentella* Норвежского моря на основе анализа его паразитофауны / Ю. И. Бакай, В. И. Попов // Вестник МГТУ. - 2017. - Т. 20, № 2. - С. 412-421.
5. Мельников, С. П. Биолого-экологическое обоснование мер регулирования промысла окуня-клевача в районе Исландии / С. П. Мельников, Ю. И. Бакай // Рыбное хозяйство. - 2006. - № 1. - С. 48-50.
6. Мельников, С. П. Структура скоплений и основные популяционные характеристики окуня-клевача *Sebastes mentella* (Scorpaeniformes: Scorpaenidae) в пелагиали моря Ирмингера и смежных вод / С. П. Мельников, Ю. И. Бакай // Вопросы ихтиологии. - 2009. - Т. 49, № 2. - С. 200-213.
7. Состояние сырьевых биологических ресурсов Баренцева и Белого морей и Северной Атлантики в 2020 г. / Д. И. Александров, А. В. Амелькин, М. Ю. Анциферов, Ю. И. Бакай [и др.] // ПИНРО им. Н.М. Книповича, 2020. - 145 с.
8. Яблоков, А. В. Введение в фенетику популяций. Новый подход к изучению природных популяций: Учеб. пособие для студ. вузов / А. В. Яблоков, Н. И. Ларина. - М. : Высшая школа, 1985. - 159 с.
9. Sigurðsson, T. In situ tagging of deep-sea redfish: application of an underwater, fish-tagging system / T. Sigurðsson, V. Thorsteinsson, L. Gustafsson // ICES Journ. of Marine Science. - 2006. - Vol. 63. - P. 523-531.

**ЕЩЕ ОДИН СЛУЧАЙ «КРАСНОГО ПРИЛИВА»,  
ОБНАРУЖЕННЫЙ В ПОРТУ Г. НОВОРОССИЙСКА (ЧЕРНОЕ  
МОРЕ)**

**Ясакова О.Н.<sup>1</sup>, Лужняк О.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Южный Научный Центр РАН, ул. Чехова, 41, 344006, г. Ростов-на-Дону, 8 (8632) 66-56-77, yasak71@mail.ru,*

<sup>2</sup>*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), 344002, Ростов-на-Дону, Береговая, 21в. 8 (8632) 62-05-05, lelja2876@mail.ru*

**ANOTHER CASE OF "RED TIDE" IN THE PORT OF NOVOROSSIYSK,  
BLACK SEA**

**Yasakova O.<sup>1</sup>, Luzhnjak O.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, 344006,  
Rostov-on-Don, Russia*

<sup>2</sup>*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI  
"VNIRO"), Azov-Black Sea Branch of the FSBSI "VNIRO" ("AzNIIRKH").  
344002, Rostov-on-Don, Russia*

В середине сентября 2014 г. в акватории Новороссийского порта был зарегистрирован «красный прилив», вызванный обильным развитием нескольких видов динофлагеллят. Интенсивной вегетации этих видов, вероятно, способствовали прогрев и опреснение поверхностных вод порта, а также значительный уровень эвтрофирования этого района моря.

In mid-September 2014, "red tide" was discovered in the waters of the port of Novorossiysk, caused by the abundance of several species of dinoflagellates. The intense vegetation of dinoflagellates was probably facilitated by heating and desalination of the port's surface waters, as well as a significant level of eutrophication in this area of the sea.

Исследование фито- и микрозоопланктона дает возможность судить о тенденциях изменений в структуре и функционировании прибрежных экосистем. Сведения о состоянии планктонных водорослей и инфузорий могут быть использованы в системе экологического контроля и ранней диагностики санитарного состояния водоема [1]. Портовые акватории являются одними из самых уязвимых участков шельфовой зоны Черного моря. В их акваториях все чаще наблюдаются случаи «цветения воды», находящиеся в непосредственной зависимости от поступления в прибрежную полосу моря авто- и аллохтонной органики [2-7].

В северо-восточной части Черного моря в последние годы наблюдаются «красные приливы», вызванные вегетацией некоторых видов динофлагеллят и инфузорий [8-10]; два из которых приходились на акваторию Новороссийской бухты. Первый наблюдали в открытой части Новороссийской бухты в марте 2008 г., он был вызван массовым развитием *Scrippsiella trochoidea* (F.Stein) A.R.Loeblich III, 1976. Второй менее масштабный случай «красного прилива», отмеченный в акватории Новороссийского порта в июле 2011 г., был обусловлен вегетацией мезосапробного вида *Heterocapsa rotundata* (Lohmann) G.Hansen, 1995 и планктонных инфузорий *Myrionecta rubra* Lochmann, *Mesodinium pulex* Claparede et Lachmann и *Tintinnopsis cylindrica* Daday.

В середине сентября 2014 г. в акватории Новороссийского порта был отмечен еще один случай «красного прилива», имевший место в результате интенсивного развития видов *Heterocapsa minima* A.J.Pomroy, 1989; *Heterocapsa cf. niei* (Loeblich III 1968) Morrill et Loeblich III 1981; *Scrippsiella trochoidea* и *Pentapharsodinium cf. tyrrhenicum* (Balech) Montresor, Zingone & Marino, 1993. Цвет воды носил кирпично-фиолетовый оттенок, «цветение» продолжалось в течение 2-х дней (14-15 сентября) и охватило участок порта от т/х «Кутузов» до Западного мола. Отмечали высокие величины численности и биомассы этих видов водорослей: 3,98 млн. кл.·л<sup>-1</sup> и 5,19 г·м<sup>-3</sup>, что составило 98 % общей численности и 90 % биомассы фитопланктона. При этом основу количественных величин развития фитопланктона (80 % общей численности и 56 % биомассы) формировали виды рода *Heterocapsa*, представители родов *Scrippsiella* и *Pentapharsodinium* были отмечены на уровне субдоминант (18 % общей численности и 34 % биомассы). Сопутствующими «цветению» видами были диатомовые *Talassiosira* sp., *Chaetoceros affinis* Lauder, *Leptocylindrus minimus* Gran, *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* (Hasle) Hasle, *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Mereschkowsky, *Pseudosolenia calcar-avis*

(Schultze) Sundström, *Nitzschia tenuirostris* Mer. и динофлагелляты *Tripos furca* (Ehrenberg) Gómez, *Tripos fusus* (Ehrenberg) Gómez, *Prorocentrum micans* Ehrenberg, *Dinophysis caudata* Kent, *D. rotundata* Claparède et Lachmann, *Gonyaulax spinifera* (Claparède et Lachmann) Diesing, *Polykrikos kofoidii* Chatton, *Gyrodinium* sp.

Обильной вегетации динофитовых водорослей, вероятно, способствовало значительное опреснение портовых вод дождевой водой, в результате выпавших накануне (11–12 сентября) интенсивных атмосферных осадков. Плотность воды в порту составила 1,0091; что соответствовало прибрежным сильно опресненным участкам моря; (для сравнения, в центральных районах Черного моря средняя плотность воды в поверхностном слое близка к 1,0123; а в океане – 1,0248). К тому же в этот период были отмечены высокие показатели температуры воды 25°С. Как известно, высокие значения температуры воды и опреснение стимулирует развитие многих видов динофлагеллят [11-13]. Обогащение толщи воды минеральными и органическими веществами, поднятыми со дна моря в результате ветрового апвеллинга, также могло способствовать развитию этих видов, в условиях эвтрофирования способных переходить на миксо- и гетеротрофный рост. Накануне – 11–12 сентября 2014 г. и в период «цветения» наблюдали высокую ветровую активность, сила ветра северо-восточного и северо-западного направлений в районе порта достигала 10-18 м·с<sup>-1</sup>.

Авторы выражают благодарность А.Ф.Крахмальному (Институт эволюционной экологии Национальной Академии Наук Украины // Institute for evolutionary ecology of the National Academy of Sciences of Ukraine) и В.Великовой (SurDEP, Centurion, Pretoria, Wierda Glen Estate, South Africa) за помощь в определении видов динофлагеллят с помощью электронной микроскопии и ценные замечания при написании статьи. Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН, № гр. проекта АААА-А18-118122790121-5.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кренева С.В. Применение принципа сукцессионного анализа для оценки и прогноза состояния водных экосистем. Автореф. Дисс. докт. биол. наук: 03.00.18. – Москва, 2002. – 52 с.
2. Нестерова Д.А. Развитие перидиней *Extviaella cordata* и явление “красного прилива” в северо-западной части Черного моря // Биол. моря. – 1979. – № 5. – С. 24-29.
3. Нестерова Д.А. “Цветение” воды в северо-западной части Черного моря (обзор) // Альгология. – 2001. – Т. 11. № 4. – С. 502-513.

4. Moncheva S. et al. On the long-term response of harmful algal blooms to the evolution of eutrophication off the Bulgarian Black Sea coast: Are the recent changes a sign of recovery of the ecosystem - The uncertainties. G. Hallegraef et al. (eds.) Proceedings of the Ninth International Conference on Harmful Algal Blooms, Hobart, Australia, 7-11 February 2000, Unesco 2001: 177 - 181.
5. Nesterova D.A. Phytoplankton of the dry estuary and contiguous part of the Black sea//Environmental safety of coastal and shelf zone and comprehensive use of shelf resource: 2002. Vol.1(6)/NASU, МНН, ОВ ИБСС. - Sevastopol, 2002, – P. 355-364.
6. Terenko L., Terenko G. Harmful dinoflagellates blooms off the Ukrainian Black Sea coast as effect eutrophication // International Conference "Hazardous algae - a problem for modern ecology", 18 - 19 May, 2005, Gdansk, Poland. 2005. – P. 29-30.
7. Terenko L., Terenko G. Dynamics of *Scrippsiella trochoidea* (Dinophyceae) blooms in Odessa Bay of the Black Sea (Ukraine) // XXVI Intern. Phycol. Conf. Lublin, Poland. 2007. – P. 91-92.
8. Вершинин А.О., Моручков А.А., Лифилд Т., Суханова И.Н., Паньков С.А., Мортан С.Л., Рамсделл Дж.С. Потенциально токсичные водоросли в составе прибрежного фитопланктона северо-восточной части Черного моря в 2001-2002 гг. // Океанология. – 2005. Т. 45, №2. – С. 267-275.
9. Ясакова О.Н., Бердников В.С. Необычное цветение воды в результате развития динофитовой водоросли *Scrippsiella trochoidea* (Stein) Valech. в акватории Новороссийской бухты Черного моря в марте 2008 года // Морской экологический журнал. – 2008. – Т. 7, №4 – С. 98.
10. Ясакова О.Н., Кренева Е.В. «Красный прилив» в порту Новороссийск, вызванный *Heterocapsa rotundata* (Dinophyceae, Heterocapsaceae) и *Myrionecta rubra*, *Mesodinium pulex* (Ciliophora, Litostomatea) в июле 2011 года // Морской экологический журнал, – 2012. – Т. XI, № 2. – С. 9.
11. Коновалова Т.В. Динофлагелляты Дальневосточных морей России и сопредельных акваторий Тихого океана. Владивосток: Дальнаука. 1988. –299 с.
12. Коновалова Т.В., Орлова Т.Ю., Паутова Л.А. Атлас фитопланктона Японского моря. Л. Наука, 1989, – 160 с.
13. Макаревич П.Р., Дружкова Е.И. Сезонные циклические процессы в прибрежных планктонных альгоценозах северных морей. – Апатиты: ММБИ КНЦ РАН, 2010. – 280 с.

УДК 574.583(26)

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ CLADOCERA В АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ АКВАТОРИИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Джалилов А.Г.

*Национальная Академия Наук Азербайджана, AZ1073,  
Азербайджанская Республика, город Баку, проезд 1128, квартал 504,  
тел.: +994 12 539-73-71, факс: +994 12 539-73-53, email: anvarj@mail.ru*

## DISTRIBUTION OF CLADOCERA IN THE AZERBAIJANI AKVATORY OF THE CASPIAN SEA

Jalilov A.G.

*Institute of Zoology ANAS, AZI073, A.Abbaszade str., drive 1128, block 504,*

В 2089–2020 гг. проводились круглогодичные исследования в Азербайджанской акватории Каспия, прибрежных стационарных станциях. Также периодически осуществлялись и отборы проб зоопланктона с судна на несколько больших глубинах (до 100 м). В ходе обработки проб были обнаружены представители зоопланктона.

In 2089-2020, year-round studies were conducted in the Azerbaijani water area of the Caspian Sea at coastal stationary stations. Zooplankton samples were also periodically taken from the ship at several great depths (up to 100 m). During processing of the samples was detected by various representatives of the zooplankton.

В структуре зоопланктона Азербайджанской акватории Каспийского моря было обнаружено 40 видов ветвистоусых рачков (Cladocera) (таблица). По Е.Ф. Мануйловой [5] в составе Cladocera можно выделить 3 группы: одна из них распространена на севере, вторая характерна для северного полушария, а третья-характерна для южного полушария. Среди Cladocera есть такие виды, которые распространены повсеместно. Некоторые виды распространены по всему земному шару, кроме Австралии – *Diaphanosoma brachyurum*, *Scapholeberis mucronata*, *Ceriodaphnia quadrangula*, *Alona rectangula*, *Rhynchotalona rostrata*. В качестве примера видов, распространенных на севере, можно привести *Scapholeberis mucronata*. Ветвистоусые

ракообразные (Cladocera) обитают в основном в пресных водах, входя в состав фауны планктона и бентоса. Известно 7 видов ракообразных в открытом море. В Каспийском море представлены 59 видов и подвидов. Многие из них массово размножаются и играют важную роль в кормовых заносах. Большинство личинок являются типичными фильтраторами, питаются бактериями, детритами и водорослями. В засушливых частях Каспийского моря, где вода из источников рек не выходит за пределы этих районов, также поселились виды; *Daphnia longispina*, *Moina rectirostris*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Bosmina longirostris*, *Chydorus sphaericus*. В 1959-1961 годах А.Г. Касымов обнаружил в западной части Южного Каспия 10 видов, относящихся к группе Cladocera. В мезопланктоне *Evadne anonyx*, *Podonevadne trigona typica*, *P.camptonyx* развиваются значительно. Более тепловодные ракообразные встречаются в южных частях Южного Каспия. В связи с повышением температуры у берегов Лянкярана и Астары развиваются *Polyphemus exiguus*. Осенью появляются виды Polyphemidae в мезопланктоне. Летом количество видов Cladocera уменьшается [3]. В акватории Азербайджана Среднего Каспия представлены несколькими видами; - *P. exiguus*, *C. anonyx*, *Pl. polyphemoides*, *Ev. anonyx typica*, *Ev.anonyx producta*, *Ev.anonyx prolongata*, *P. typica*, *P.trigona pusilla*. Среди них пришелец, который является *Pl.polyphemoides* образуют заметное количество и биомассу [1]. В западной части Южного Каспия количество ракообразных варьируется от 7-150 экз/м<sup>3</sup>, в то время как биомасса 0,05-4,50 мг/м<sup>3</sup>, в среднем, составляет 70 экз/м<sup>3</sup>, а средняя биомасса-1,95 мг/м<sup>3</sup> [2]. 17 видов и форм Cladocera пресноводная, 41 форма солонатоводная и 2 (*Pleopis polyphemoides*, *Podonevadne trigona intermedia*) - морская форма. Семейства полифемидовых состоит из 42 видов. 35 видов из них являются эндемиками Каспия, 5 видов (*Cercopagis pengoi*, *Podonevadne trigona*, *Cornigerius maeoticus*, *C. bicornis*, *Evadne anonyx*) в Азовском и Черном морях, а 2 вида (*Cercopagis pengoi*, *Podonevadne camptonyx*) встречается в Аральском море [4]. На глубине 4-5 метров каспийские эндемики почти не встречаются. Недалеко от берега расположены *Podonevadne camptonyx typica*, *P. camptonyx podonoides*, *P.angusta*, *P.trigona typica*. Их максимальное развитие происходит стеногалинные виды. Они хорошо развиваются в условиях, близких к нормальной солености или нормальной солености. Сюда входят *Evadne anonyx prolongata*, *Polyphemus exiguus* и большинство *Cercopagis*. Каспийские

Таблица. Систематический состав ракообразных (Cladocera) Каспийского моря и их распространение в различных частях моря



Виды	Средний Каспий	Южный Каспий
<i>Cercopagis pengoi</i> (Ostr.)	+	+
<i>C.neonilae</i> Sars	+	-
<i>C.gracillima</i> Sars	+	+
<i>C.spinicaudata</i> M.-Bolt.	+	+
<i>C.socialis</i> Sars	+	+
<i>C.robusta</i> Sars	+	+
<i>C.prolongata</i> Sars	+	+
<i>C.micronyx</i> Sars	+	+
<i>C.anonyx</i> Sars	+	+
<i>Apagis cylindrata</i> Sars	+	+
<i>A.beklemishevi</i> M.-Bolt	+	+
<i>A.longicaudata</i> Sars	+	+
<i>A.ossiana</i> M.-Bolt.	+	-
<i>Pleopis polyphemoides</i> Leuckart	+	+
<i>Podon intermedius</i> Lillj.	+	-
<i>Evadne anonyx typica</i> Sars	+	+
<i>E.anonyx deflexa</i> Sars	+	-
<i>E.anonyx producta</i> Sars	+	+
<i>E.anonyx prolongata</i> .Behning	+	+
<i>Podonevadne trigona</i> Sars	-	-
<i>P.trigona typica</i> (Sars)	+	+
<i>P.trigona trigonoides</i> (Sars)	-	-
<i>P.trigona intermedia</i> (Sars)	+	-
<i>P.trigona pusilla</i> (Sars)	+	+
<i>P.trigona rotundata</i> Behning	+	+
<i>P.camptonyx</i> Sars	+	+
<i>P.camptonyx typica</i> (Sars)	+	+
<i>P.camptonyx similis</i> (Sars)	+	+
<i>P.camptonyx orthonyx</i> (Sars)	+	+
<i>P.camptonyx hamulus</i> (Sars)	+	+
<i>P.camptonyx attenuata</i> (Sars)	+	+
<i>P.camptonyx kajdakensis</i> (Tschug.)	+	+
<i>P.camptonyx podonoides</i> (Sars)	+	+
<i>P.camptonyx macronyx</i> (Sars)	+	-

Виды	Средний Каспий	Южный Каспий
<i>P.camptonyx globosa</i> M.-Bolt.	+	-
1	2	3
<i>P.angusta</i> (Sars)	+	+
<i>Cornigerius maeoticus hircus</i> (Sars)	+	+
<i>C.arvidi</i> M.-Bolt	+	-
<i>C.bicornis</i> Zernov	+	+
<i>Caspievadne maximowitschi</i> (Sars)	+	+

полифемиды начинают появляться в планктоне при температуре 10С. Сначала появляются *Pleopis polyphemoides*, *Evadne anonyx prolongata*, *Podonevadne trigona typica*. Если в воде температура выше 25С, то количество *Evadne* и *Podonevadne trigona typica* резко снижается. В то время как *Ev. anonyx prolongata* исчезает с планктона. Их температурный диапазон 10 - 25С, оптимум –20С. Большинство видов Cladocera приходят с реками. Они широко распространены на земле. Это также указывает на их древность. Современная морская фауна Cladocera сложена из пресноводных форм, привезенных речными потоками. Представители *Podonevadne* вэ *Evadne* являющихся истинными морскими породами, встречаются не только в морях, имеющих связь с океанами, но и в изолированных внутренних водоемах, таких как Каспийское и Аральское моря. Каспийское море связано с периодом формирования кладосерной фауны, в течение которого Каспийское и Аральское моря были общим бассейном и слились в этом бассейне с Северным полярным океаном.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Джалилов А.Г. Видовой и количественный состав мезозoopланктона Азербайджанского сектора Среднего Каспия. Кн: Современные методы и средства океанологических исследований. Москва, 2009, часть III, стр. 15 – 19.
2. Джалилов А.Г. Распределение мезозoopланктона в разрезе Куркоса Азербайджанского сектора Каспийского моря. Кн: Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений, Астрахань, 2009, стр. 51 – 55.
3. Касымов А.Г. Зоопланктон западного побережья Южного Каспия. – Зоол.ж., 1966, 45, 2, с.172-176.

4. Касымов А.Г. Экология планктона Каспийского моря. // Баку:Изд-во «Адилъоглы», 2004, -545 с.
5. Мануйлова Е.Ф. Ветвистоусые рачки фауны СССР. – М.-Л.: Наука, 1964, 327 с

УДК 551.464.34

## ДИНАМИКА $p\text{CO}_2$ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ВОД ЧЕРНОГО МОРЯ

**Орехова Н.А.**

*Морской гидрофизический институт РАН, ул. Капитанская, 2,  
, г. Севастополь 299011, natalia.orekhova@mhi-ras.ru*

$p\text{CO}_2$  DYNAMICS IN SURFACE WATERS OF THE BLACK SEA

Orekhova N.A.

*Marine Hydrophysical Institute of Russian Academy of Sciences,  
2, Kapitanskaya Str, Sevastopol, 299011*

В материалах представлено исследование динамики  $p\text{CO}_2$  для изучения особенностей пространственного распределения, внутри- и межгодовой изменчивости  $p\text{CO}_2$  в поверхностном слое вод Черного моря по данным экспедиционных исследований 2016 – 2019 гг.

The issue presents a study of the dynamics of  $p\text{CO}_2$  to investigate the features of the spatial distribution, intra- and interannual variability of  $p\text{CO}_2$  in the surface waters of the Black Sea according to the data of expeditionary studies in 2016 - 2019.

Непрерывный рост содержания углекислого газа в атмосфере ( $\square 0,4\%$  в год [1]) вследствие влияния антропогенного и естественного факторов привел к негативным последствиям для экосистемы всего Мирового океана. В частности, отмечается нарушение природных равновесий, приводящих к снижению концентрации кислорода и появлению зон его дефицита, снижению рН, увеличению концентрации растворенного углекислого газа [1, 2]. Наблюдаемые изменения в химии океана имеют как прямые (снижение концентрации кислорода,

появление новых зон его дефицита, асидификация и пр.), так и косвенные проявления. Последние отражаются в трансформации биогеохимических циклов, изменении окислительно-восстановительных условий, снижении способности поглощать углекислый газ из атмосферы, изменении характеристик и условий существования морской биоты [2, 3].

Исследование динамики  $p\text{CO}_2$  в поверхностном слое вод позволит изучить особенности распределения  $p\text{CO}_2$  в поверхностном слое вод, выделить процессы, обуславливающие современное распределение  $p\text{CO}_2$  в Черном море.

В работе использованы данные, полученные в ходе выполнения экспедиционных исследований на НИС «Профессор Водяницкий» в 2016–2019 гг. в различные гидрологические сезоны (с апреля по декабрь):

Считается, что шельфовые системы в большей степени подвержены изменениям [4], что обусловлено влиянием антропогенного фактора, материкового стока и более интенсивных прибрежных течений. Именно здесь следует ожидать максимальные средние значения  $p\text{CO}_2$ , однако анализ данных не выявил подобной тенденции. Это может быть обусловлено тем, что Черное море является полужамкнутым высокопродуктивным бассейном, в котором в зависимости от условий характеристики поверхностного слоя вод могут достаточно быстро изменяться.

За исследуемый период средняя величина  $p\text{CO}_2$  для шельфового и глубоководного районов составила 338–339 мкاتم. Однако наибольший разброс величин  $p\text{CO}_2$  отмечен в шельфовой части, как более динамичной системе [4]. При этом ярко выраженных пространственных особенностей распределения  $p\text{CO}_2$  в поверхностном слое вод не наблюдалось. В разные периоды максимальные величины  $p\text{CO}_2$  наблюдались как в глубоководной части, так и в прибрежных районах и на северо-западном шельфе.

В большей степени выражена внутригодовая динамика. Максимальные концентрации были характерны для апреля (рис. 1), что определяется комбинацией таких факторов, как поступление углекислого газа с глубинными водами и увеличением его растворимости при низкой температуре поверхностного слоя вод. В этот период создаются предпосылки для активного цветения фитопланктона за счет конвективного переноса биогенных элементов с глубинными водами и увеличением уровня освещенности. Летом с ростом температуры величина  $p\text{CO}_2$  снижается, однако, остается по-прежнему высокой (рис. 1), в том числе, в результате протекания биологических

процессов реминерализации органического вещества, образовавшегося в результате цветения фитопланктона и за счет продукции углекислого газа в результате процесса образования карбонатов.

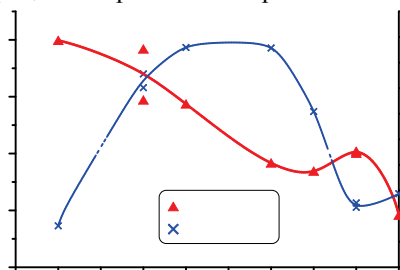


Рис. 1. Внутригодовое изменение величины  $p\text{CO}_2$  и температуры в верхнем слое вод Черного моря по данным 2016–2019 гг.

В сентябре температура поверхностного слоя вод по-прежнему остается высокой, однако отмечается снижение  $p\text{CO}_2$  (рис. 1), что, вероятно является результатом снижения активности биологических процессов. В ноябре зафиксировано увеличение  $p\text{CO}_2$ . Это может быть результатом комбинации по крайней мере двух факторов: снижения температуры вод в рамках сезонных изменений и поступления  $\text{CO}_2$  из глубинных слоев за счет вертикальной конвекции вод, активизирующейся в Черном море в этот период.

В целом отмечена тенденция к снижению уровня  $p\text{CO}_2$  в верхнем слое вод Черного моря с апреля по декабрь (рис. 1). По сезонной динамике  $p\text{CO}_2$  можно предположить, что физическая составляющая не является преобладающим фактором, определяющим изменчивость  $p\text{CO}_2$ . Основными процессами, определяющими динамику  $p\text{CO}_2$  в верхнем слое вод являются биогеохимические процессы потребления и продукции органического вещества, а в период цветения кокколитофорид – еще и процессы растворения карбонатов.

В межгодовой изменчивости просматриваются повышенные значения  $p\text{CO}_2$  в 2017 г. Наблюдаемые максимальные величины  $p\text{CO}_2$  в апреле и июне (более 400 мкатм) вероятно обусловлены вспышкой цветения фитопланктона, наблюдаемой в этот период. Также отмечена максимальная динамика  $p\text{CO}_2$  как шельфовом, так и в глубоководном районах и его пространственная неоднородность.

Данные, проанализированные в работе [5] и полученные в 2016–2019 гг. указывают на увеличение концентрации  $\text{CO}_2$  в приводном слое атмосферы и поверхностном слое вод, несмотря на снижение уровня

антропогенной нагрузки на экосистему Черного моря и снижение содержания биогенных элементов по сравнению с 1980-1990-ми годами (по нашим данным к 2018 г. также наблюдается снижение концентрации биогенных элементов по сравнению с 2014 г.).

Увеличение  $p\text{CO}_2$  при наблюдаемом снижении содержания биогенных элементов, может объясняться как непрерывным ростом  $p\text{CO}_2$  в атмосфере, так и произошедшими изменениями в системе карбонатных равновесий, приведшими к увеличению запаса  $\text{CO}_2$  как в поверхностном слое вод, так и в глубинных слоях. Прежде всего, периодически наблюдаемые всплески цветения приводят к продуцированию значительного количества органического вещества. Известно, что основные процессы деструкции органического вещества происходят в верхнем деятельном слое.

Работа выполнена в рамках тем государственных заданий ФГБУН ФИЦ МГИ № 0555-2021-0005 (Прибрежные исследования) и 0555-2021-0004 (Океанологические процессы).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Dynamics and distribution of natural and human-caused hypoxia / N. Rabalais, R. J. Diaz, L. A. Levin, R. E. Turner, D. Gilbert, J. Zhang // *Biogeosciences*. – 2010. – №7. – P. 585–619
2. Schmidtko, S. Decline in global oceanic oxygen content during the past five decades / S. Schmidtko, L. Stramma, M. Visbeck // *Nature*. – 2017. – 542(7641). – P. 335–339. doi:10.1038/nature21399
3. Riebesell, U. Arctic ocean acidification: pelagic ecosystem and biogeochemical responses during a mesocosm study // U. Riebesell, J.-P. Gattuso, T. F. Thingstad, J. J. Middelburg // *Biogeosciences*. – 2013. – №10. – P. 5619–5626
4. The changing carbon cycle of the coastal ocean / J. E. Bauer, W.-J. Cai, P. A. Raymond, T. S. Bianchi, C. S. Hopkinson, P. A. G. Regnier // *Nature* 2013. – № 504. – P. 61–70. doi:10.1038/nature12857, 2013
5. Moiseenko, O. G. Intraannual and long-term variations of the carbonate system of the aerobic zone in the Black Sea / O. G. Moiseenko, S. K. Kononov, O. N. Kozlovskaya // *Phys. Oceanogr.* – 2011. – №20. – P. 435–450. <https://doi.org/10.1007/s11110-011-9097-3>

## **МЕТОД ОТБОРА ПРОБ МОРСКОЙ ВОДЫ НА СОДЕРЖАНИЕ МИКРОПЛАСТИКОВЫХ ЧАСТИЦ**

**Ершова А.А., Татаренко Ю.А., Макеева И.Н.**

*Российский государственный гидрометеорологический университет  
(РГГМУ), Воронежская ул., д.79, С.-Петербург, 192007, Россия,  
тел. +79213484823, ershova@rshu.ru*

## **METHOD FOR SAMPLING SEA WATER FOR MICROPLASTIC PARTICLES**

**Ershova A.A., Tatarenko Yu.A., Makeeva I.N.**

*Russian State Hydrometeorological University (RSHU), Voronezhskaya st.  
79, St.Petersburg, Russia*

В статье представлена часть экспедиционно-морской инженерной деятельности РГГМУ в области исследования микропластикового загрязнения Мирового океана. Представленные приборы позволяют отбирать микропластиковые частицы различного размера в морских экспедиционных условиях в различных погодных условиях. Рассматриваемые приборы: «HydroPuMP» - пробоотборник-фильтр, встроенный в проточную систему судна, и «HydroPuMP-5» - пробоотборник для использования в прибрежной зоне.

The paper presents a part of the expeditionary and marine engineering activities of RSHU in the field of marine microplastic pollution. The presented instruments make it possible to sample microplastic particles of various sizes from the vessel in various weather conditions. The instruments considered are “HydroPuMP”, a filter sampler built into the vessel's flow-through system, and “HydroPuMP-5”, an autonomous sampler for the near-coastal areas.

В мире существуют различные методы отбора проб морской воды на содержание микропластиковых частиц («микропластик» – частицы менее 5 мм). При этом до сих пор нет общепринятого стандартизированного метода, так как метод отбора проб на микропластик сильно зависит от типа водного объекта, его

биологической продуктивности, уровня загрязненности, а также технических возможностей проведения полевых исследований [1].

Самым распространенным в мировой практике методом, позволяющим произвести облов наибольшей площади водной поверхности за единицу времени, является использование так называемого «манта-трала», представляющего собой сеть с размером ячеек до 300 мкм, прикрепленной к корпусу, с металлическими крыльями, позволяющего осуществлять отбор пробы с поверхностного горизонта. Для исследования водной толщи иногда используют батометры для отбора проб воды на различных горизонтах, однако, данный метод целесообразен в заведомо сильно-загрязненных морях, т.к. используются небольшие объемы воды для фильтрации, в противном случае, для получения достоверных концентраций (и больших объемов воды) данный метод слишком время- и трудозатратен.

Из-за специфики и различия технических возможностей российских судов далеко не всегда удаётся применять «манта-трал», так как траление должно осуществляться длительное время на малом ходу судна, а также только в благоприятные погодные условия (слабое волнение). Другим ограничивающим фактором использования манта-трала является стандартный размер ячеек его сети – 330 мкм, а частицы меньшего размера (50-100 мкм), имеющие ключевое значение в процессе вовлечения частиц в пищевые цепи (потребление микрочастиц зоопланктоном), не учитываются. Также, при отборе проб воды манта-тралом происходит значительная потеря самой пробы в связи с необходимостью вымывать осажденный фильтрат на палубе с помощью шланга.

Таким образом, в 2019 г. авторами был разработан и апробирован в морях российской Арктики метод отбора проб с использованием погружного насоса для закачивания воды с подповерхностного горизонта с обязательным последующим фильтрованием через специальный фильтр определенного размера. Данный метод, реализованный в рамках программы ТРАНСАРКТИКА-2019, позволил получить данные более широкого спектра размерности микропластиковых частиц в арктических морях (до 50 мкм), чем в предшествующих исследованиях [2, 3].

Разработанный РГГМУ пробоотборник-фильтр «HydroPuMP – (HydroPump for MicroPlastics)», представляет собой систему из судового насоса (рис.1), встроенного в проточную систему в килевой части судна, забирающего забортную воду по ходу судна с глубины 4-5 м (подповерхностный слой), счётчика воды и специального пробоотборника со сменной насадкой с металлической сетью-фильтром



(рис.2). Все составляющие данной системы, последовательно соединены между собой шлангом. В ходе отбора проб в обязательном порядке также фиксируются такие параметры окружающей среды как, температура и соленость воды, скорость и направление ветра, скорость хода судна, координаты точки отбора.



Рис. 1 – Судовой насос на нис «Профессор Мультиановский».



Рис. 2 – Образец пробы морской воды: съемный металлический фильтр 100 мкм.

Данный метод позволил протестировать фильтры различного размера (50 и 100 мкм) для определения оптимального размера ячеи для фильтрования арктических морских вод, отличающихся высокой продуктивностью. В ходе экспедиции 2019 г. было отобрано более 100 проб морской воды с подповерхностного горизонта (4.5 м), общим объемом профильтрованной морской воды 74 000 литров. Результаты исследования опубликованы в [2].

Метод отбор проб воды с судна с помощью пробоотборника «HydroPuMP» имел значительные преимущества:

- метод позволяет отбирать пробы на всем протяжении маршрута следования судна в независимости от возможности остановки судна или снижения его хода, а также погодных условий, что особенно актуально для арктических морей, отличающихся сложными погодными условиями;
- благодаря герметичности насадки и маленькой площади взаимодействия пробоотборника с внешней средой сокращаются возможные источники загрязнения пробы и при этом исключаются потери материала.

Другой метод отбора проб морской воды на содержание микропластиковых частиц разработан сотрудниками РГГМУ для условий прибрежной зоны, для условий отсутствия источника электропитания. Пробоотборник-фильтр «HydroPuMP-5» является

автономным, и применялся в исследованиях прибрежной зоны Финского залива летом 2020 гг. Пробоотборник представляет собой последовательную цепь из электрического погружного насоса из корпуса из нержавеющей стали с аккумулятором (производительностью 30 л/мин), счётчика воды и специальной герметичной фильтровальной насадки, состоящей из серии сменных металлических фильтров различного размера ячеей (50-300 мкм), соединенных между собой шлангом и помещенных в стальную раму-корпус, к которой при необходимости крепится трос.

Данная пробоотборная система «HydroPuMP-5» позволяет проводить замеры как на мелководье, в прибрежной зоне, в условиях отсутствия источника энергии, так и непосредственно с борта судна в открытом море (при необходимости к раме крепится груз).

Применение двух методов отбора проб при мониторинге микропластикового загрязнения морской среды может проводиться параллельно, дополняя друг друга, с учетом особенностей данного водного объекта и условий проведения исследования.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Lusher, A. L. et al. Microplastics in Arctic polar waters: the first reported values of particles in surface and sub-surface samples. *Sci. Rep.* 5, 14947; doi: 10.1038/srep14947 (2015).
2. Макеева И.Н., Ершова А.А., Еремина Т.Р., Татаренко Ю.А. Исследование загрязнения микропластиком арктических морей. В книге: *Моря России: исследования береговой и шельфовой зон. Тезисы докладов всеросс. науч. конф. (XXVIII береговая конференция)*. Севастополь, 2020. С. 397-398.
3. Ершова А.А., Ерёмина Т.Р., Фролова Н.С., Тенилова О.В. Результаты гидрометеорологических исследований РГГМУ в Баренцевом, Карском и Белом морях в 2019 г. в рамках программы «Арктический плавучий университет». В сборнике: *Итоги экспедиционных исследований в 2019 году в Мировом океане, внутренних водах и на архипелаге Шпицберген. Материалы конференции*. Севастополь, 2020. С. 110-111.

## СОСТОЯНИЕ МОРСКИХ ПЕЛАГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В РАЙОНЕ ВЕРБЯНОЙ КОСЫ ВОСТОЧНОГО ПРИАЗОВЬЯ

Селифонова Ж.П.<sup>1,2</sup>, Самышев Э.З.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Морской государственный университет им. Адмирала Ф.Ф. Ушакова, пр. Ленина, 93, 353918, г. Новороссийск, 8(8617) 71-75-25, Selifa@mail.ru*

<sup>2</sup>*Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, пр. Нахимова, 2, 299011, г. Севастополь, 8 (8692) 54-41-10, esamyshev@mail.ru*

### STATE MARINE PELAGIC COMMUNITIES NEAR OF THE VERBYANAYA SPIT OF THE EASTERN AZOV SEA

Selifonova Zh.P.<sup>1,2</sup>, Samyshev E.Z.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Admiral Ushakov Maritime State University, Lenin's avenue, 93, Novorossiysk, 353918*

<sup>2</sup>*Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Nakhimov's avenue, 2, Sevastopol, 299011*

Фитопланктон, инфузории, голопланктон, меропланктон, ихтиопланктон, гребневиков собирали в июне 2014 г. в восточном Приазовье (Вербяная коса, Темрюкский залив). Полученные результаты дают представление о состоянии морских пелагических сообществ охраняемых зон восточного Приазовья и могут быть полезны для дальнейшего мониторинга этого района.

Phytoplankton, ciliates, holoplankton, meroplankton, ichthyoplankton, ctenophores collected in June 2014 г. in the Eastern Azov Sea (Verbyanaya spit, the Temryuk Gulf). The results obtained give an image of the state of marine pelagic communities of cordoned areas of the Eastern Azov Sea and can be useful for the further monitoring of this region.

В восточной части Темрюкского залива располагается Вербяная коса – специфическая природная экосистема. Это огромная пересыпь из детритового песка с ракушей и примесью мелкозернистого песка шириной 25–30 м, которая отделяет лимано-плавневую зону Приазовских плавней (дельта Кубани) от Азовского моря. В районе косы на берегу Азовского моря и в лимано-плавневых угодьях между р.

Кубань и р. Протока, охраняемых Рамсарской Конвенцией, производятся поисково-разведывательные работы для бурения скважин и прокладки нефтегазопровода.

Цель работы – оценить состояние морских пелагических сообществ восточного Приазовья в районе Вербяной косы.

Материалом для исследования послужили сборы фитопланктона, инфузорий, голопланктона, меропланктона, ихтиопланктона и гребневиков в конце июня 2014 г. на станциях Восточного Приазовья в районе Вербяной косы (Темрюкский залив). Сбор, определение видов и расчет количественных характеристик планктона и зообентоса рыхлых грунтов выполняли по стандартным методикам.

В Азовском море июнь – это наиболее продуктивный месяц года, характеризующийся максимальным видовым разнообразием кормового зоопланктона и его наибольшим обилием. В июле в условиях пресса пелагического хищника гребневика *Mnemiopsis leidyi* численность зоопланктона резко сокращается, и к августу–сентябрю в планктоне встречаются лишь единичные экземпляры планктонных животных [1].

**Фитопланктон.** В составе фитопланктона исследуемого района в июне 2014 г. обнаружено 44 таксона планктонных водорослей, среди которых 18 – динофитовых, 10 – зеленых [3]. Влад динофитовых в общую численность фитопланктона составлял 34%, зеленых – 32%, синезеленых – 21%. Диатомовые составляли 46% от общей биомассы фитопланктона, динофитовые – 42%. В поверхностном слое воды численность фитопланктона была в два раза выше, чем в придонных слоях (597 тыс. кл./л, что). Биомасса имела сопоставимые значения (222 мг/м<sup>3</sup>).

**Инфузории.** В составе инфузорий обнаружено 28 таксонов: 25 – алорикатных форм, 3 – раковинных (тинтиннид). Тинтинниды составляли ≤ 5% общей численности инфузорий. Доминантный комплекс алорикатных форм инфузорий включал *Myrionecta rubra*, *Mesodinium pulex*, *Loxmaniella oviformis*, *Strombidium conicoides*, *S. emergens*, *Halteria grandinella*, *Rimostrombidium conicum*, *Rimostrombidium* sp., *Pelagostrobilidium spirale*. *Urotricha* spp. В придонных слоях воды отмечены *Urotricha* sp., *Loxodes* sp., *Euplotes* sp. Суммарная численность инфузорий в среднем достигала 6,1 млн экз./м<sup>3</sup>, биомасса – 204,2 мг/м<sup>3</sup>. Последняя составляла 38% всего зоопланктона.

**Голопланктон.** В составе голопланктона отмечено 4 таксона, среди которых *Stenophora* – 1, *Rotatoria* – 11, *Cladocera* – 1, *Copepoda* – 2. Среди коловраток доминировали *Keratella cochlearis*, *Synchaeta* sp. и хищная *Asplanchna priodonta*. Средняя численность голопланктона

достигала 28,8 тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса 201,1 мг/м<sup>3</sup>. В вертикальных ловах средней сетью Джеди преобладали веслоногие раки *Cooperoda* (99% общей численности). В их составе абсолютно доминировал морской эвригалинный вид *Acartia tonsa* – 22,8 тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса 202,6 мг/м<sup>3</sup>. Вклад *A. tonsa* в суммарную численность голопланктона достигал 98%, в суммарную биомассу – 93%. В популяции *A. tonsa* шел активный нерест. Структура популяции вида на 68,6% состояла из науплиев и 21,5% младших копепоидов. Другие виды каляноидных копепод *Centropages ponticus* и ветвистоусых раков *Pleopis polyphemoides* были немногочисленны – 0,22–0,32 тыс. экз./м<sup>3</sup>.

**Меропланктон.** В составе меропланктона обнаружено 7 таксонов, из них Polychaeta – 1, Cirripedia – 1, Decapoda – 1, Bivalvia – 2, Gastropoda – 2. Доля меропланктона в суммарном зоопланктоне составляла среднем 43,5%. Средняя плотность меропланктона была 21,6 тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса 112,9 мг/м<sup>3</sup>. Основу пула донных беспозвоночных составляли личинки двустворчатого моллюска *Mytilaster lineatus* – 19,4 тыс. экз./м<sup>3</sup> (90% общей численности меропланктона), личинки двустворчатого моллюска *Cerastoderma* sp. – 0,8 тыс. экз./м<sup>3</sup>, личинки усонного рака *Amphibalanus improvisus* – 1,3 тыс. экз./м<sup>3</sup>. Личинки полихет сем. Spionidae *Polydora cornuta*, брюхоногих моллюсков *Chrysallida* sp., *Hydrobia acuta* и десятиногих раков *Rhitropanopeus harrisii tridentata* были немногочисленны. В горизонтальных ловах сетью Б–Р численность личинок десятиногих раков *R. harrisii tridentata* составляла 15,9 экз./100 м<sup>3</sup>. Максимальная численность личинок голландского краба достигала 46,2 экз./100 м<sup>3</sup>. В целом, суммарная биомасса зоопланктона (без учета гребневиков) достигала 537,4 мг/м<sup>3</sup>, причем 38% ее составляли инфузории.

**Ихтиопланктон.** В составе ихтиопланктона при температуре воды 25,5°C отмечена икра мигрирующего вида рыб – азовской хамсы (подвид европейского анчоуса сем. Engraulidae) *Engraulis encrasicolus taeoticus* [2]. Данный вид отличается от черноморского анчоуса *E. encrasicolus ponticus* светлой окраской тела и меньшими размерами. Длина азовской хамсы обычно 8–9 см, максимальная не более 10–11 см. В Азовском море эта рыба проводит только лето, активно питается и мечет икру (в июне-июле), нагуливает мальков. Осенью азовская хамса всех возрастов уходит через Керченский пролив в Черное море и залегает на глубину. В наших исследованиях численность икринок хамсы была низка. В вертикальных ловах сетью Б–Р она колебалась от 0 до 8 экз./м<sup>2</sup> при средних значениях 4,4 экз./м<sup>2</sup>. В горизонтальных ловах сетью МНТ средняя численность икры хамсы была 7,2 экз./100 м<sup>3</sup> (максимум 21,9 экз./100 м<sup>3</sup>).

**Гребневики.** В вертикальных ловах сетью Б–Р численность хищных гребневиков *Mnemiopsis leidyi* с длиной тела 1,5–6 мм варьировала от 4 до 46 экз./м<sup>2</sup> при средних значениях 12 экз./м<sup>2</sup>. В горизонтальных ловах сетью МНТ численность *M. leidyi* с длиной тела 2–5,5 мм находилась в пределах от 6,7 до 55,4 экз./100 м<sup>3</sup> при средних значениях 26,5 экз./100 м<sup>3</sup>. У половины особей желудки были заполнены личинками двустворчатых моллюсков, акарий и икринками рыб. В уловах средней сетью Джеди средняя численность личинок гребневика размером 0,25 мм составляла 209 экз./м<sup>3</sup>, биомасса 104,4 мг/м<sup>3</sup>. Общая численность популяции *M. leidyi* с учетом личиночных стадий составляла 269 экз./м<sup>3</sup>, биомасса 3,84 г/м<sup>3</sup>. По данным работы [1] при раннем заходе биомасса *M. leidyi* может достигать 13,0 г/м<sup>3</sup>. Следовательно, гребневик в конце июня 2014 г. еще не достиг своего пика плотности. Поэтому в планктоне была высока численность веслоногих раков *A. tonsa*, личинок двустворчатых моллюсков *M. lineatus*.

Полученные результаты дают представление о состоянии морских пелагических сообществ в районе охраняемых зон восточного Приазовья и могут быть полезны для дальнейшего мониторинга этого района.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гребневик *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz) в Азовском и Черном морях: биология и последствия вселения / Под. ред. С.П. Воловика. – Ростов-на-Дону: БКИ, 2000, – 500 с.
2. Сорокин Ю.И. Черное море. – М.: Наука, 1982. – 217 с.
3. Ясакова О.Н., Лохман Ю.В., Афонин А.С. Фитопланктон Темрюкского залива в летний период 2014 года: материалы всерос. форума с межд. участием «Эколого-экономический потенциал экосистем Северо-Кавказского федерального округа, причины современного состояния и вероятные пути устойчивого развития социоприродного комплекса». 24–27 сентября 2015 г. Махачкала: ИПЭ РД «Эко-пресс», 2015. – С. 194–197.

**ОЦЕНКА ПЛОТНОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ КРАБА-ВСЕЛЕНЦА  
*CHIONOECETES OPILIO* В КАРСКОМ МОРЕ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БНПА "ВИДЕОМОДУЛЬ»**

**Галкин С.В., Залота А.К., Удалов А.А., Пронин А.А.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Нахимовский пр., 36,  
117997, г. Москва, 8(499)124-13-01, galkin@ocean.ru*

**EVALUATING OF THE POPULATION DENSITY OF ALIEN CRABS  
*CHIONOECETES OPILIO* IN THE KARA SEA USING UNDERWATER  
TOWED VEHICLE "VIDEOMODULE"**

**Galkin S.V., Zalota A.K., Udalov A.A., Pronin A.A.**

*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, 36,  
Nakhimovskii prospect, Moscow, Russia 117997*

В докладе представлены предварительные результаты оценки плотности популяций крабов-вселенцев *Chionoecetes opilio* в Карском море по наблюдениям, выполненным с использованием буксируемого необитаемого подводного аппарата (БНПА) «Видеомодуль» в 2020 году.

Paper presents preliminary results of evaluating of the population density of alien crabs *Chionoecetes opilio* in the Kara Sea based on observations made using towed vehicle "Videomodule" in 2020.

Авторы доклада представляют предварительные результаты исследований популяции краба-вселенца *Chionoecetes opilio* (Decapoda: Oregonidae) в Карском море, проведенные в ходе 81 рейса нис «Академик Мстислав Келдыш» в сентябре 2020 г. с использованием буксируемого необитаемого подводного аппарата (БНПА) «Видеомодуль», разработанного в Институте океанологии.

Естественный ареал краба-стригуна *Chionoecetes opilio* охватывает северную часть Тихого океана, Чукотское море с отдельными находками в Восточно-Сибирском море и море Бофорта, а также Северо-Западную Атлантику [5, 7]. В 1996 г., в результате интродукции, краб-стригун был обнаружен в Баренцевом море и в

настоящее время вид обитает практически по всему центральному, восточному, северо-восточному шельфу Баренцева моря [1, 3]. В ходе экспедиций ИО РАН, еще в 2011 г. крабы были встречены на единственной станции в западном отроге желоба Святой Анны, и с тех пор их присутствие в Карском море значительно увеличилось. Они стали важным компонентом макробентоса западной части моря [2,6,8]. Оказалось, что инвазия краба *C. opilio* в Карском море достаточно существенно и быстро сказывается на состоянии донных сообществ. Это ставит задачу регулярного мониторинга состояния карской популяции краба-стригуна, его размерной, возрастной и половой структуры. Первым этапом такой оценки является выяснение плотности поселений крабов в разных районах.

В 81 рейсе нис «Академик Мстислав Келдыш» для оценки плотности крабов использовался метод прямых наблюдений с БНПА «Видеомодуль», разработанный в Институте океанологии [4]. Буксировка аппарата велась на прямолинейных трансектах на скорости около 0.5 узла на расстоянии до грунта около 1 м с использованием лазерной шкалы с расстоянием между точками 20 см. Плотность краба была подсчитана на видеотрансектах в реальном времени, в ходе записи. Общая площадь трансект была рассчитана как произведение пройденного пути на среднюю ширину кадра. Результаты такого подсчета мы рассматриваем как предварительные; в дальнейшем данные по плотности поселения краба будут уточнены с помощью более подробного анализа треков при помощи программы, написанной М.К. Залота в языке программирования Python.

В общей сложности было выполнено и обработано 12 видеотрансект в диапазоне глубин от 69 до 393 м. Длина трансект составляла приблизительно от 600 до 700 м. На 8 станциях на тех же трансектах были выполнены ловы тралом Сигсби с шириной рамы 1.6 м.

В общей сложности на видеотрансектах было отмечено 1811 крабов *Chionectes opilio*. Они отмечались на всех станциях, но распределение их в обследованном районе очень неравномерно (рис. 1). На разных трансектах их численность варьирует от 1 до 70 экз. на 100 м<sup>2</sup>. Максимальная численность крабов отмечалась в заливе Благополучия. Умеренно высокая численность наблюдалась на склоне желоба Святой Анны и в Баренцевом море на выходе из Карских ворот (10-23 экз. на 100м<sup>2</sup>). Меньшая численность популяций характерна для



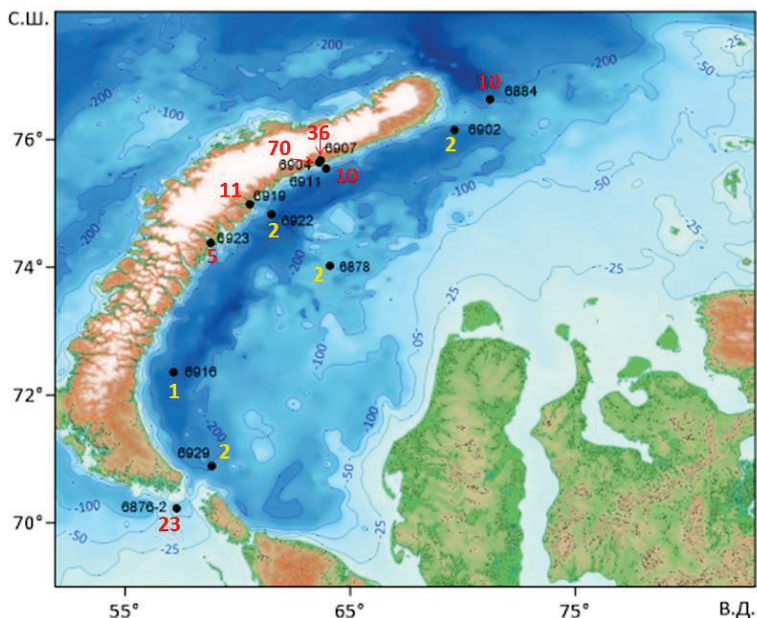


Рис. 1. Численность крабов *Chionoecetes opilio* на трансектах БНПА «Видеомодуль» (экз./100м<sup>2</sup>)

склонов Новоземельской впадины, а также для центрального шельфа моря. Такой характер распределения плотностей позволяет сделать предварительное предположение, что заселение крабов в Карское море проходит как с юга, так и с севера вдоль побережья Новой Земли с последующим проникновением в область Новоземельской впадины и центрального шельфа.

Сравнение данных видеонаблюдений с траловыми ловами на тех же станциях показывает, что в последнем случае мы получаем сильно заниженную оценку плотности крабов. Это очевидно связано с тем, что, будучи активно подвижными животными, крабы легко уходят от трала. Таким образом, для корректной оценки их общей численности, метод видеонаблюдений представляется оптимальным. В то же время, для получения данных о физиологическом состоянии популяции, ее размерной структуре и соотношении полов, а также для учета мелких зарывающихся особей, получение живого материала необходимо. Здесь

перспективным представляется использование тралов с большим раскрытием, а также применение разного типа донных ловушек.

Авторы выражают признательность группе инженерно-технического обеспечения БНПА «Видеомодуль». Работа выполнена в рамках госзадания 0128-2021-0008 и поддержана грантом РФФИ 18-05-60228.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Баканев С.В., Жак Ю.Е., Павлов В.А. Пространственное распределение краба-стригуна опилио в Баренцевом море. // Краб-стригун опилио *Chionoecetes opilio* в Баренцевом и Карском морях. (Ред. Соколов К.М., Павлов В.А., Стрелкова Н.А. [и др.]). Мурманск: ПИНРО, 2016. С. 74-84.
2. Залота А.К., Спиридонов В.А., Галкин С.В., Пронин А.А. Популяционная структура краба вселенца *Chionoecetes opilio* в Карском море (траловые сборы и видео учет). // Океанология, 2020, т. 60 № 1, с. 97-103. DOI: 10.31857/S00301574200102566.
3. Кузьмин С.А., Ахтарин С.М., Менис Д.Т. Первые находения краба-стригуна *Chionoecetes opilio* (Decapoda, Majidae) в Баренцевом море // Зоол. журн., 1998. Т. 77. № 4. С. 489-491.
4. Пронин А.А. Методика сбора и представления материалов видеосъёмки дна с помощью необитаемого подводного аппарата «Видеомодуль» // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2017. № 12-1. С. 142-147.
5. Соколов К.М., Павлов В.А. Пространственное распределение краба-стригуна опилио. // Краб-стригун опилио *Chionoecetes opilio* в Баренцевом и Карском морях. (Ред. Соколов К.М., Павлов В.А., Стрелкова Н.А. [и др.]) Мурманск: ПИНРО, 2016. С. 9-17.
6. Спиридонов В.А., Залота А.К., Веденин А.А. Быстрое развитие инвазии краба-стригуна (*Chionoecetes opilio*) в Карском море. // Материалы научной конференции «Экосистема Карского моря – новые данные экспедиционных исследований». Москва: И-т Океанологии РАН. 2015. С. 179-183. ISBN 978-5904761-49-3.
7. Squires H.J. Decapod Crustacea of the Atlantic coast of Canada // Canadian Bulletin Fisheries Aquatic Sciences, 1990. V. 221. P. 1–532.
8. Zalota A.K., Spiridonov V.A., Vedenin A.A. Development of snow crab *Chionoecetes opilio* (Crustacea: Decapoda: Oregonidae) invasion in the Kara Sea // Polar Biology, 2018. DOI:10.1007/s00300-018-2337-y

**ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА  
ЗВУКОРАСSEИВАЮЩИМИ СЛОЯМИ МЕЗОЗООПЛАНКТОНА В  
ОКИСКЛИНЕ И ЗОНЕ ГИПОКСИИ ЧЕРНОГО МОРЯ**

**Островский А.Г., Соловьев В.А., Швоев Д.А.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Нахимовский пр., 36,  
117997, г. Москва, 8(499)124-59-83, osasha@ocean.ru*

**INSTRUMENTAL OBSERVATIONS OF SOUND SCATTERING  
LAYERS OF MESOZOOPLANKTON IN OXISKLIN AND THE BLACK  
SEA HYPOXIA ZONE**

**Ostrovsky A. G., Soloviev V. A., Shvoev D. A.**

*Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, 36,  
Nakhimovskii prospect, Moscow, 117997*

Представлены результаты исследования звукорассеивающих слоев в зависимости от кислородной стратификации. Такое исследование стало возможным благодаря применению автономного заякоренного профилирующего аппарата Аквалог оснащенного аппаратурой для ультразвуковых зондирований (на частоте 2 МГц) и быстрыми датчиками кислорода. Преимущество данного подхода заключается в том, что он обеспечивает круглогодичные учащенные (с интервалом до одного часа) измерения вертикальных профилей рассеяния звука и концентрации кислорода в воде от приповерхностного до придонного слоя с тонкоструктурным (до 20 см) вертикальным разрешением.

The results of the study of sound-scattering layers depending on oxygen stratification in the NE Black Sea are presented. This study was made possible by the use of an autonomous moored profiler Aqualog equipped with instruments for ultrasonic sounding at a frequency of 2 MHz and fast oxygen sensors. The advantage of this approach is that it provides year-round frequent (with an interval of up to one hour) measurements of vertical profiles of sound scattering and oxygen concentration in the water column from the near-surface to the bottom layer with a fine-scale (up to 20 cm) vertical resolution.

С конца 1990-х гг. в исследованиях звукорассеивающих слоев (ЗРС) планктона доминировали работы с применением многоканальных измерителей обратного рассеяния звука на нескольких частотах как, например, прибора Tracor Acoustic Profiling System с 6-тью рабочими частотами: 265, 420, 710, 1100, 1850, 3000 кГц [5]. Зондирования на разных частотах позволяют получить представление о размерном составе рассеивателей. Однако многоканальные приборы - это довольно дорогие изделия, которые, как правило, используются вместе с видео камерами для идентификации планктона в естественных условиях среды обитания. В отличие от этих работ данная статья фокусируется на применении относительно дешевого одночастотного 3-х лучевого ультразвукового измерителя, зондирующего ЗРС под разными углами. Такой прибор, будучи установлен на вертикально профилирующем носителе, оказывается весьма эффективным техническим средством изучения изменчивости стратификации ЗРС мезозоопланктона.

В настоящей статье обобщены наблюдения за ЗРС в оксиклине и зоне гипоксии по данным автономной станции Аквалог, которая периодически устанавливалась за кромкой шельфа в районе Геленджикской бухты в северо-восточной части Черного моря в 2013-2020 гг. Анализ годового хода рассеяния звука на мезозоопланктоне в зависимости от вертикального распределения кислорода позволяет лучше понять лимитирующую роль гипоксии для суточной миграции и межсезонной изменчивости глубоководных скоплений мезозоопланктона. Для выделения ЗРС на фоне вертикальных потоков оседающих частиц, а также для исследования ориентации особей зоопланктона, нами предложен простой метод обработки данных ультразвуковых зондирований водной толщи под тремя углами, который опирается на модельные исследования [2, 3] и лабораторные исследования [4].

Настоящее исследование основано на сопоставительном анализе данных об амплитуде обратного рассеяния звука на частоте 2 МГц и данных о содержании кислорода в морской воде, полученных с помощью заякоренного мобильного профилирующего аппарата Аквалог [1]. Притопленная буйковая станция с этим аппаратом установлена примерно в 4 милях от берега за кромкой шельфа на самом верхнем участке континентального склона (133° 47.1 в.д. и 42° 33.7 с.ш.) в северо-восточной части Черного моря. Данные о вертикальных профилях обратного рассеяния звука были получены с помощью акустического доплеровского измерителя течений Nortek Aquadopp, который интегрирован на профилирующем носителе Аквалог. Помимо этого, профилирующий аппарат Аквалог оснащается СТД-зондом

SeaBird 52MP и «быстрыми» датчиками кислорода AANDRAA 4330F и SBE43F для измерения запаса кислорода в водной толще, отслеживания положения зоны гипоксии и нижней границы аэробной зоны, а также для наблюдения за временной изменчивостью термохалинной стратификации. С июня 2014 г. по май 2020 г. было выполнено 10 постановок аппарата Аквалог продолжительностью от нескольких суток до 3 месяцев. Во время постановок аппарат каждые 1-2 часа автоматически выполнял цикл профилирования, опускаясь до заданного горизонта 200-220 м и поднимаясь до верхней плавучести, притопленной на горизонте 20-40 м. Всего было собрано свыше 13350 вертикальных профилей для всех месяцев года (кроме марта), хотя распределение по годам было неравномерным.

С 2013 г. на носителе Аквалог устанавливаются приборы Aquadopp со специальной головкой трансдюсеров. Такой прибор в вертикальном положении испускает два акустических луча  $A_1$  и  $A_2$  в горизонтальной плоскости, расходящихся под углом  $90^\circ$ , а третий луч  $A_3$  (между двумя горизонтальными лучами) - под углом  $45^\circ$  к горизонтальной плоскости. При вертикальном перемещении носителя Аквалог, акустическое зондирование в горизонтальной плоскости позволяет обнаруживать тонкие ЗРС толщиной несколько десятков сантиметров. Поскольку носитель перемещается со скоростью около 0.2 м/с, вертикальное разрешение профиля амплитуды обратного рассеяния звука составляет 0.2 м.

В контексте данной работы возможность проведения измерений ЗРС прибором Aquadopp под двумя углами очень важна. В случае частиц округленной формы, например, оседающего детрита, амплитуды обратного рассеяния звука по наклонному лучу  $A_3$  и по горизонтальным лучам  $A_1$  или  $A_2$  будут примерно одинаковыми. А если частицы продолговатой формы ориентированы определенным образом в водной толще, то амплитуда  $A_3$  будет значительно отличаться от амплитуд  $A_1$  и  $A_2$ . В первую очередь это касается особей эуфаузиид и копепод, для которых зависимость акустического рассеивания на частоте 2 МГц от ориентации в воде изучена на моделях в работах [2, 3], а также в лабораторном бассейне [4]. Таким образом, сравнивая амплитуды  $A_1$ ,  $A_2$  и  $A_3$ , можно судить о преимущественной ориентации особей мезозoopлankтона. При этом предполагается, что скопление имеет характерные пространственные размеры большие, чем протяженность зондируемой области вдоль оси акустического луча, то есть не менее 2 м, а время жизни скопления не менее 10 с, следовательно, за время перемещения носителя Аквалог со скоростью 0.2 м/с наклонный и горизонтальные акустические лучи сканируют одно и то же скопление.

Данные измерений прибором Aquadopp на частоте 2 МГц содержат информацию как о ЗРС, связанных со скоплениями фито- и зоопланктона, так и с гравитационным оседанием взвешенных частиц. Эхограммы, построенные по данным горизонтально зондирующих трансдюсеров A1 и A2, имеют высокое разрешение по вертикали 1 м. Например, в осенний сезон (рис. 1) на них периодически выделяются скопления зоопланктона на горизонтах 80-150 м в дневное время. Скопления мезозоопланктона начинают подъем примерно за 2 часа до заката, концентрируются на горизонтах 10-40 м в ночное время и мигрируют вниз перед рассветом. Тонкие вертикальные линии на эхограмме - это своеобразный «акустический след» мезозоопланктона, мигрирующего в суточном цикле.

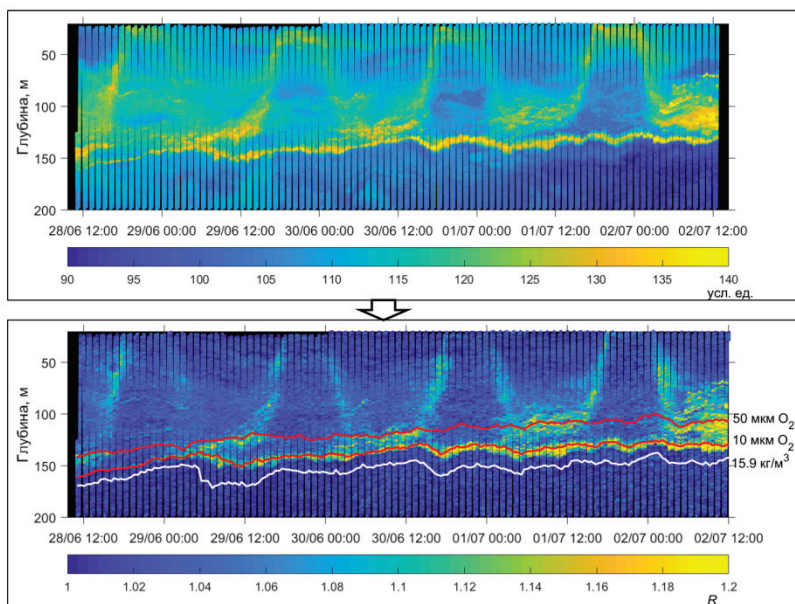


Рис. 1. Пример обработки эхограммы прибора Nortek Aquadopp по данным измерений в июне-июле 2014 г. над верхней частью континентального склона в районе мористее Геленджикской бухты. Вверху - величина обратного рассеяния звука на частоте 2 МГц по двум горизонтальным лучам  $(A_1+A_2)/2$ . Внизу - величина отношения величины обратного рассеяния звука на частоте 2 МГц по двум горизонтальным лучам к величине обратного рассеяния звука на частоте 2 МГц по наклонному лучу  $R = (A_1+A_2)/2A_3$ . На нижнем рисунке

нанесены изолинии концентрации кислорода в воде 50 и 10 мкм, а также изопикна  $\sigma_\theta = 15.9 \text{ кг/м}^3$ .

Отношение  $R$ , величины среднего эхо-сигналов по горизонтальным лучам  $(A1 + A2)/2$  к опорному эхо-сигналу  $A3$  позволяет в основном избавиться от шума, связанного с потоками осадочного вещества (рис. 1). Можно предположить, что частицы осадочного вещества имеют примерно равные размеры в горизонтальной проекции и в проекции, наклоненной под углом  $45^\circ$ . В основном на горизонтах от 90 до 120 м в дневное время  $R = 1.05-1.2$ , а в ночное время  $R < 1.05$ . Четко прослеживаются траектории суточной вертикальной миграции ниже горизонта 40 м (рис. 1). Объяснение этих фактов заключается в том, что рассеивающие звук вытянутые тела особой мезопланктона больше по площади в горизонтальной проекции, чем в проекции, наклоненной под углом  $45^\circ$ . Вероятно, ориентация тел особой мезозоопланктона в пространстве преимущественно вертикальная во время миграции. В ночное время в верхнем слое моря где  $R \approx 1$ , особи ориентированы случайным образом. Квази-постоянный ЗРС (рис. 1), обусловленный скоплением диапаузирующего мезозоопланктона, четко выделяется с весны до осени на профилях  $R$  в виде максимума в слое, где содержание кислорода не превышает 10 мкм.

Работа выполнена по теме госзадания Минобрнауки № 0128-2021-0010 при поддержке РФФИ по гранту № 19-05-00459 и совместному гранту РФФИ и Министерства образования, науки и молодежной политике Краснодарского края № 19-45-230012.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Островский, А. Г., Зацепин А.Г., Соловьев В.А., Цибульский А.Л., Швоев Д.А. Автономный мобильный аппаратно-программный комплекс вертикального зондирования морской среды на заякоренной буйковой станции. Океанология. – 2013. – Т.53. – №2. – С.259-268.
2. Stanton T.K., Chu D. Review and recommendations for the modelling of acoustic scattering by fluid-like elongated zooplankton: euphausiids and copepods. ICES Journal of Marine Science. – 2000. - Vol.57. – P.793–807. 2000.
3. Roberts P.L.D., Jaffe J.S. Multiple angle acoustic classification of zooplankton // Journal of the Acoustical Society of America. – 2007. – Vol.121, N 4. – P. 2060–2070.
4. Roberts P.L.D., Jaffe J.S. Classification of live, untethered

zooplankton from observations of multiple-angle acoustic scatter // Journal of the Acoustical Society of America. – 2008. – Vol. 124, N 2. - P.796–802.

5. Smeti H., Pagano M., Menkes C., Boissieu F., Lebourges-Dhaussy A., Hunt B. P.V., Allain V., Rodier M., Kestenare E., Sammari C. Spatial and temporal variability of zooplankton off New Caledonia (Southwestern Pacific) from acoustics and net measurements // Journal of Geophysical Research Oceans. –2015. - Vol.120. P.2676–2700.

УДК 504.054 (265.54)

## **ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МИКРОПЛАСТИКОМ МОРЕЙ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА В 2019-2020 ГГ**

**Педченко А.П.**

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО»), 107140, Москва, В. Красносельская, 17, +79259115030, pedchenko@vniro.ru*

### **RESEARCH ON MICROPLASTIC POLLUTION OF THE ARCTIC OCEAN SEAS IN 2019-2020**

**Pedchenko A. P.**

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO),  
17 V. Krasnoselskaya, Moscow, 107140,*

Исследования «ВНИРО» по количественной оценке содержания микропластика в морях Северного Ледовитого океана в августе-октябре 2019 и 2020 г. не выявили катастрофического загрязнения полимерными частицами и закономерностей в их распределении.

Scientific research of VNIRO on the quantitative assessment of the microplastic content in the Arctic Ocean seas in August-October 2019 and 2020 did not discover catastrophic contamination with polymer particles and patterns in their distribution.

Несмотря на значительное увеличение научных исследований в Арктическом регионе в последние годы [1, 2, 3, и др.], выводы рабочей



группы Арктического совета по защите морской среды Арктики о многочисленных пробелах в знаниях о морском мусоре и микропластике в регионе Баренцева моря и Северного Ледовитого океана остаются актуальными [4].

В 2019-2020 гг специалистами ФГБНУ «ВНИРО» на акватории Арктических морей было выполнено 66 нейстонных станций для определения содержания в воде синтетических частиц (рис. 1). В 2019 г на НИС «Профессор Леванидов» выполнен сбор проб микропластика на 39 станциях нейстонной сетью типа «Манта» для количественной оценки его распределения и состава на поверхности Чукотского, Восточно-Сибирского, Лаптевых и Карского морей. Аналогичные исследования были проведены в 2020 г. на учебном парусном судне «Седов» в 27 точках сетью «Манта» на мелководных участках шельфа Арктических морей и приустьевых участках сибирских рек.

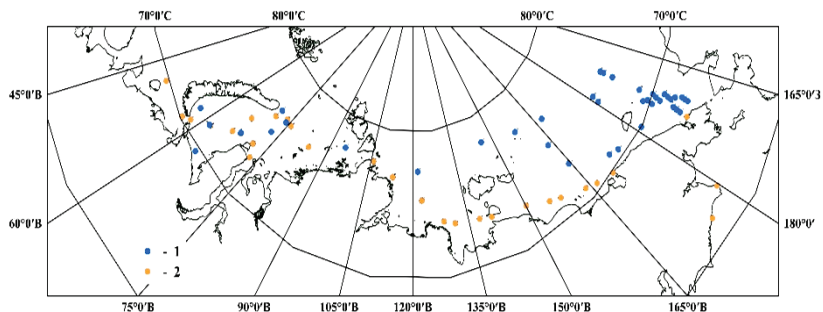


Рис. 1 – Положение станций отбора проб на содержание микропластика в августе-сентябре 2019 г. (1) и августе-октябре 2020 г. (2)

Сбор и обработку проб микропластика выполняли в соответствии с методическими рекомендациями [5]. Отбор проб для оценки загрязнения микропластиком проводили в поверхностном слое морей методом траления на циркуляции судна при скорости от 2,3 до 3,8 узлов калиброванной нейстонной сетью типа «Манта» с размером ячеек 335 мкм, оснащенной цифровым счетчиком протока воды. Продолжительность тралений составляла 15 минут после выхода сети в рабочий режим лова, при состоянии поверхности моря не более 5 баллов. По истечении этого времени сеть выбирали, промывали и смывали пробы через сито 0,25 мм.

Фактическую дистанцию тралений (в метрах) и объем профильтрованной воды вычисляли в соответствии с руководством по применению цифрового счетчика [6]. Его использование позволило

учесть условия лова и внешнего воздействия на сеть таких факторов как дрейф, разнонаправленные течения, волнение моря.

В лабораторных условиях проводили выделение частиц микропластика методом флотации и определяли их массу. Последующую обработку проб микропластика и идентификацию полимеров выполняли методами инфракрасной микроскопии и спектрофотометрии автоматическим сравнением спектров с г данными встроенной библиотеки (STJ-Europe Spectral Database, Германия) на базе НОЦ «Нанотехнологии» Инженерной школы ДВФУ, с учетом практических наработок и накопленных баз данных [7].

В пробах 2019 года синтетические частицы были обнаружены в 9 из 39 отобранных проб. При этом в Чукотском море микропластик идентифицирован в 4 из 23 проб, в Карском море – в 3 из 8 проб, в Восточно-Сибирском море в 2 из 7 проб. Количество частиц микропластика в пробах варьировало от 1 до 4 шт. Размер частиц составлял от 0,15 до 5 мм, при общей их массе в пробе от 0,00019 до 0,005 г [9]. В пробах доминировал поливинил (в Чукотском – 2 пробы, в Восточно-Сибирском - 1, в Карском море – 3 пробы). Полипропилен идентифицирован в 2-х пробах в южной части Чукотского моря, полиэтилен и полистирен - в пробах из центральной части Восточно-Сибирского и юго-запада Карского морей. Проведенные исследования 2019 г. не выявили закономерностей в распределении частиц микропластика на поверхности Арктических морей. Микропластик имел неравномерное распределение на исследованных акваториях морей, отсутствовали участки его накопления. Синтетические частицы были отмечены только в 23% из отобранных проб.

В августе-октябре 2020 г. отбор проб на загрязнение микропластиком выполнен в Чукотском (1), Восточно-Сибирском (6), Лаптевых (6), Карском (11) и Баренцевом море (2). Визуальный анализ проб, выполненный в судовых условиях, не выявил аномального содержания частиц микропластика в пробах, собранных в мелководной шельфовой зоне арктических морей. Достоверная идентификация микропластика будет получена в ходе спектрального анализа обнаруженных частиц. Состав нейстонных уловов представлен на диаграмме (рис. 2а).

В пробах также отмечали природные материалы (глина, мелкие камни, частицы металла, дерево), которые значительно тяжелее пластика, что дает основание полагать, что частицы микропластика перемещаются **во всей водной толще шельфовой зоны и не накапливаются в придонном слое**. Увеличение встречаемости в

пробах органики (перья, трава, остатки стрекоз и мух) обусловлено широким распределением вод речного стока (рис. 2 б).

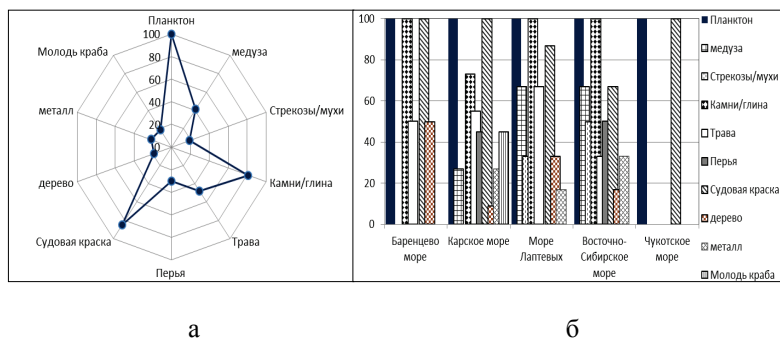


Рис. 2. – Состав нейстонных уловов (%) на акватории пяти Арктических морей (а) и в каждом из них (б) в августе-октябре 2020 г.

В 2019 и 2020 гг на акватории Карского моря выявлены концентрации молоди краба-стригуна опилио. В 2019 г. ее зарегистрировали в пробах на юго-западе моря (между 69°52' и 71°43' с.ш. от 57°20' до 64°08' в.д.). В 2020 г. она была обнаружена между 73°24' и 76°45' с.ш. от 66°22' до 75°53' в.д., и наибольшее количество особей отмечено северо-западнее полуострова Ямал (73°24' с.ш., 67°29' в.д.). Обнаружение молоди ранних стадий краба-стригуна косвенно указывает на положение нерестовой зоны этого вида.

Исследования ВНИРО не выявили каких-либо закономерностей в распределении частиц полимеров и их концентрации в поверхностных водах арктических морей. Полученные количественные оценки позволяют говорить о не высокой степени загрязнения вод микропластиком. Идентификация частиц показала, что в пробах доминировал поливинил (6 случаев), полиэтилен (2 случая) и полистирен (2 случая). Сделано предположение, что частицы пластика активно перемещаются в водной толще под действием динамических процессов и не накапливаются в слое осадочных пород шельфа или материкового слоя.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврило, М.В., Мосеев, Д.С. Антропогенная нагрузка на берега Земли Франц-Иосифа//Материалы XXVII Международной береговой

конференции: Арктические берега: путь к устойчивости. Мурманск. Изд-во «МАТУ». 2018. – С. 253-256

2. Grosvik BE, Prokhorova T, Eriksen E, Krivosheya P, Horneland PA, Prozorkevich D. Assessment of marine litter in the Barents Sea, a part of the joint Norwegian-Russian ecosystem survey.// *Front. Mar. Sci.*, 06 March 2018 | <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00072>

3. Yakushev E., Gebruk A., Osadchiev A., Pakhomova S., Lusher A., Berezina A., Bert van Bavel, Vorozheikina E., Chernykh D., Kolbasova G., Razgon I., Semiletov I. Microplastics distribution in the Eurasian Arctic is affected by Atlantic waters and Siberian rivers. *Commun Earth Environ* 2, 23 (2021). <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00091-0> Published 03 February 2021.

4. PAME. Desktop study on marine litter including microplastics in the Arctic. Proceedings of the 11th Arctic Council Ministerial Meeting, Rovaniemi, Finland, 118p.

5. Зобков М.Б., Есюкова Е.Е. Микропластик в морской среде: обзор методов отбора, подготовки и анализа проб воды, донных отложений и береговых наносов // *Океанология*. 2017. Т. 58. № 1. С. 149-157. DOI: 10.7868/S0030157418010148

6. Flowmeter Operators Manual 2030 and 2031 Series Mechanical and Electronic Digital, 2018).

7. Блиновская Я.Ю., Куликова О.А., Мазлова Е.А., Гаврило М.В. Идентификация микропластика в береговом грунте арктических и дальневосточных морей // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. № 1 (292). 2020. С. 35 – 38.

8. Педченко А.П., Блиновская Я.Ю. Трансарктическая экспедиция ВНИРО: Результаты исследований микропластика в Арктических морях в 2019 г. // *Инновационные научные исследования: теория, методология, практика* // Сборник статей Международной научно-практической конференции. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». 2020. – с. 203-205

**ГИДРОАКУСТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОЛЕЙ  
АНФЕЛЬЦИИ ТОБУЧИНСКОЙ (*AHNFELTIA TOBUCHIENSIS*)  
В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**

**Кузнецов М.Ю., Шевцов В.И., Убарчук И.А.**

*Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»),  
пер. Шевченко, 4, 690091, г. Владивосток, 8(423)2401356,  
mikhail.kuznetsov@tinro-center.ru*

**HYDROACOUSTIC MONITORING OF THE  
AHNFELTIA TOBUCHIENSIS FIELDS IN PETER THE GREAT BAY  
(JAPAN SEA)**

**Kuznetsov M.Yu., Shevtsov V.I., Ubarchuk I.A.**

*Pacific Branch of FSBSI «VNIRO» («TINRO»), 4, Shevchenko Alley,  
Vladivostok, 690091*

Представлены методические аспекты и результаты исследования пространственного распределения и обилия морской водоросли анфельции тобучинской в заливе Петра Великого с использованием гидроакустического эхоинтегрирующего комплекса.

Methodological aspects and results of studies of spatial distribution and abundance of the anfeltia tobuchinskaya seaweed in Peter the Great Bay using a hydroacoustic echo-integrating complex are presented.

Современный уровень развития гидроакустических средств и компьютерных технологий обработки результатов измерений позволяет существенно расширить список объектов, оцениваемых эхоинтеграционным методом. Например, выполнять оценки распределения и запасов морских макрофитов, в частности, красной водоросли анфельции тобучинской, являющейся ценным сырьем для получения агара. Преимущества гидроакустического метода при оценке морских водорослей по сравнению с точечным взятием проб на водолазных станциях те же, что и при съемке традиционных объектов ресурсных исследований: непрерывность регистрации скоплений и возможность дистанционного обзора с высоким разрешением

горизонтального и вертикального распределения гидробионтов [1].

В качестве основной гидроакустической измерительной системы использовался цифровой научный эхолот Simrad EK(EY)-60 (Норвегия) с рабочими частотами 70, 120 и 200 кГц. Для визуализации и постпроцессорной обработки эхограмм применялся программный комплекс SALTSE [2]. Предварительно было установлено, что верхняя и нижняя граница слоя водорослей наиболее устойчиво детектируется на частоте 70 кГц. Антенна эхолота крепилась к борту судна при помощи специальной штанги и оттяжек. Такое исполнение при благоприятных погодных условиях позволяло развивать скорость буксировки антенны в подводном положении до 5 узлов (рис. 1).

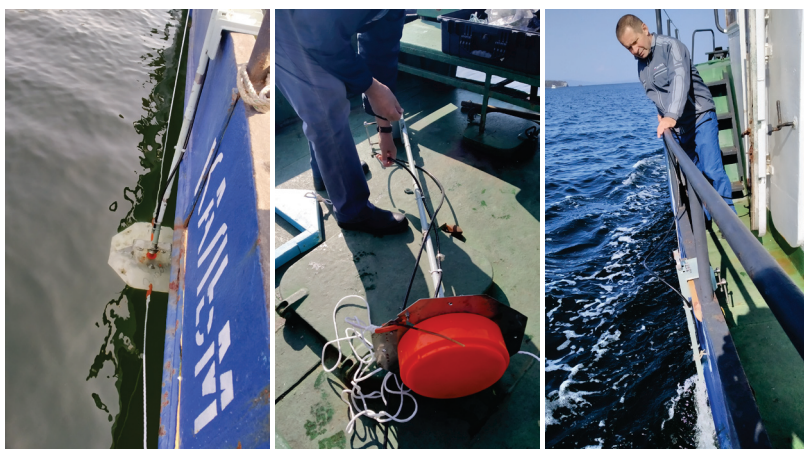


Рис. 1. Фрагменты подготовки и проведения работ.

Для корректного измерения силы отраженного от водорослей эхосигнала и определения зависимости между отражательной способностью объекта и его плотностью, выполняется калибровка и, затем, градуировка эхолота на контрольных водолазных станциях. После измерений по величинам плотности водорослей, полученным гидроакустическим и водолажным способом, определяется регрессионная зависимость между ними.

При планировании маршрута съемки критериями определения количества галсов и расстояний между ними являются степень покрытия района съемки акустическими пробами и коэффициент вариации оценки средней плотности водорослей [3]. Например, для обследования акватории в проливе Старка разработан системный

параллельный маршрут, включающий 24 галса с межгалсовым расстоянием 0,1 мили (185,2 м). Интервал интегрирования (частота взятия гидроакустических проб) выбран 18,52 метра (0,01 мили).

Скорость, курс и координаты судна на галсовом маршруте и точки поворота определяются по GPS-приемнику и регистрируются параллельно с акустическими данными. При эхоинтегрировании слоя водорослей устанавливался порог по уровню объемного рассеяния (Sv) –70 дБ. Порог по силам цели (TS) составлял -60 дБ, порог определения дна (bottom detection) - от -30 до -40 дБ в зависимости от состояния дна и качества грунта. Длительность импульса - 0,256 мс, частота посылки – максимальная. При такой длительности импульса вертикальное разрешение эхограммы по глубине составляло 4,5 см. Нижняя граница донного слоя (bottom margin) – 0,05 м (рис. 2).

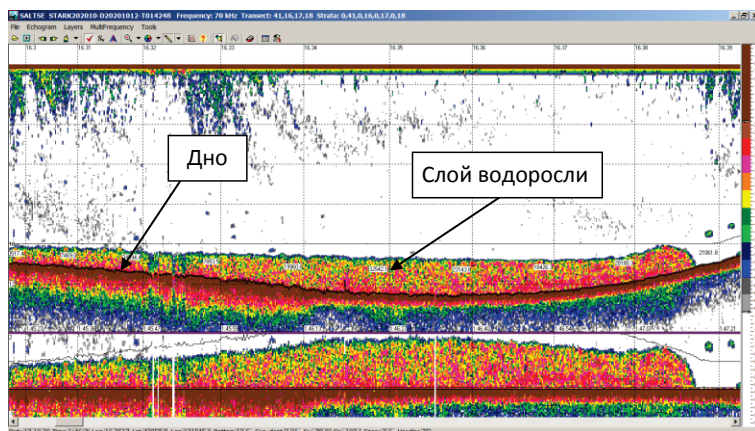


Рис. 2. Фрагмент эхограммы анфельции на галсе акустической съемки в режиме постпроцессорной обработки.

В результате последовательной обработки эхограмм программой SALTSE формируются оценки коэффициента обратного рассеяния на квадратную морскую милю  $S_A$  ( $\text{м}^2\text{миля}^{-2}$ ) и высоты слоя водорослей с шагом 0,01 мили по дистанции и 0,05 м по глубине совместно с географическими координатами в виде файлов, доступных для последующей обработки в Excel, Surfer и др.

Далее строятся планшеты распределения плотности и высоты слоя водорослей в метрах. Для построения пространственного распределения можно использовать как данные прямого измерения

коэффициента обратного рассеяния  $s_A$  на галсах съемки, так и пересчитанные в плотность водорослей (тонн/га) согласно регрессионной зависимости между ними, полученной в результате градуировки (рис. 3).

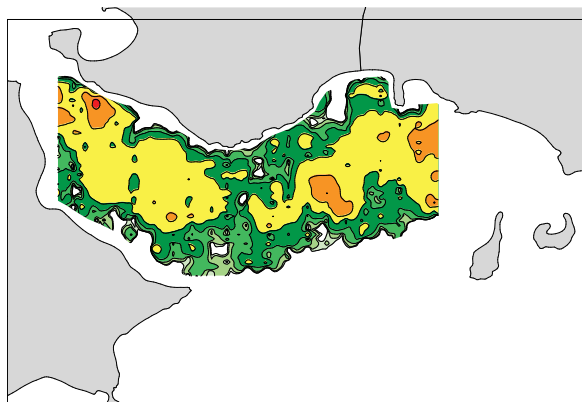


Рис. 3. Распределение поля анфельции (тонн/га) в проливе Старка (залив Петра Великого, октябрь 2020 г.).

Биомасса водорослей оценивается путем пересчета измеренных значений коэффициента  $s_A$  ( $\text{м}^2/\text{миля}^2$ ) в плотность водорослей ( $\text{кг}/\text{м}^2$ ). По значениям плотности вычисляется биомасса водорослей на каждом интервале интегрирования в зависимости от межгалсового расстояния в районе работ. Общая биомасса водорослей определяется суммированием биомасс, полученных на всех интервалах. Используя линейную зависимость между плотностью и толщиной пласта анфельции, биомасса водорослей рассчитывается также через эхолотные оценки высоты пласта.

Работа выполнена при поддержке государственного задания ФГБНУ «ВНИРО» (раздел 5 №076-00005-20-02) «Осуществление государственного мониторинга водных биологических ресурсов во внутренних водах, в территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации и в исключительной экономической зоне Российской Федерации, в Азовском и Каспийском морях».



## ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов, М. Ю. Гидроакустические средства и технологии их использования при проведении биоресурсных исследований ТИПРО-Центра // Изв. ТИПРО. – 2013. – Т. 172. – С. 20-51.
2. Убарчук, И. А., Ермольчев, В. А. Программа для ЭВМ «SALTSE» (Scattering Area Coefficient, Length and Target Strength Estimation). – Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015613954. – 2015. – 1 с.
3. Simmonds, E. J., MacLennan, D. N. Fisheries acoustics: theory and practice. - Oxford, UK: Blackwell Science published. - 2005. - 437 p.

УДК 534.7

### **ВЛИЯНИЕ ШУМА МОТОРНЫХ ЛОДОК НА ВЕРОЯТНОСТЬ ОБНАРУЖЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ БЕЛУХ**

**Шатравин А.В., Таганова М.М., Беликов Р.А.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,  
117997, Москва, Нахимовский пр., д. 36, 8(499)124-61-49,  
ashatravin@ocean.ru*

### **INFLUENCE OF MOTORBOAT NOISE ON THE DETECTION PROBABILITY OF ACOUSTIC SIGNALS OF BELUGA WHALES**

**Shatravin A.V., Taganova M.M., Belikov R.A.**

*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences  
36, Nahimovskiy prospect, Moscow, Russia, 117997*

В работе представлены результаты эксперимента по обнаружению наблюдателем-экспертом акустических сигналов белух на фоне шума, излучаемого моторной лодкой. Получены оценки вероятности обнаружения для широкого диапазона значений отношения сигнал/шум.

The work presents results of an experiment on detection by a human expert of beluga whale acoustic signals in the presence of noise emitted by a motorboat. Estimates of the detection probability are obtained for a broad range of signal-to-noise ratios.

Белухи являются одним из самых активно вокализирующих видов морских млекопитающих (ММ). Акустическая сигнализация играет в их жизнедеятельности чрезвычайно важную роль [1, 2]. В связи с этим актуально изучение влияния фонового шума (в первую очередь, антропогенного) на характеристики акустического потока, генерируемого этими животными. В последние десятилетия активно развиваются автоматические методы обнаружения и классификации звуковых сигналов ММ, однако их достоверность до сих пор уступает методам, основанным на анализе записей экспертом. Преимущество человека особенно велико в задачах, требующих высокой точности обнаружения сигналов на фоне шума высокой интенсивности. Примером такой задачи является оценка изменения акустической активности скопления животных под воздействием шума проходящих поблизости маломерных судов (моторных лодок). Шум высокой интенсивности влияет на способность эксперта детектировать сигналы животных [3], что негативно влияет на достоверность оценки количества сигналов животных, зарегистрированных в присутствии источника шума.

В данной работе представлены результаты эксперимента по обнаружению экспертом сигналов белух Соловецкого репродуктивного скопления на фоне шума от моторной лодки. На непрерывную запись шума в случайные моменты времени накладывались нормированные с различными коэффициентами акустические сигналы белух, во время регистрации которых уровень фонового шума был пренебрежимо мал. Число сигналов в использованной выборке равнялось 112.



Рис. 1. Вероятность обнаружения сигналов белух в зависимости от отношения сигнал/шум.

Полученная с помощью наложения сигналов запись длительностью около одного часа была проанализирована экспертом в

области обнаружения акустических сигналов ММ. Отношение сигнал/шум (ОСШ) рассчитывалось как отношение общей мощности в полосе частот от 200 Гц до 48 кГц. Рассматривались значения ОСШ = [5 0 -5 -8:- 1:-15 -16 -19] дБ. Каждое значение ОСШ повторялось в записи 30 раз (каждый сигнал из выборки в среднем повторялся 3 раза со случайным коэффициентом нормировки). По отношению числа верно обнаруженных экспертом сигналов с фиксированным значением ОСШ оценивалась вероятность обнаружения при данном ОСШ. График зависимости вероятности обнаружения от ОСШ показан на рис. 1.

Полученные результаты планируется в дальнейшем использовать для анализа акустической реакции белух Соловецкого репродуктивного скопления на шумовое загрязнение их среды обитания, обусловленное интенсификацией экотуризма с использованием моторных лодок.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (тема 0128-2021-0010).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Sjare, B.L The vocal repertoire of white whales, *Delphinapterus leucas*, summering in Cunningham Inlet, Northwest Territories/ B.L. Sjare, T.G.Smith // Can. J. Zool. V. 64. - 1986. - №2. – pp. 407-415.
2. Беликов, Р.А. Подводная акустическая сигнализация белух (*Delphinapterus leucas*) в репродуктивном скоплении при различных поведенческих ситуациях / Р.А. Беликов, В.М. Белькович // Океанология, Т.43. – 2003. – №1. – С. 118-126.
3. Erbe C. Detection of whale calls in noise: Performance comparison between a beluga whale, human listeners, and a neural network/ C. Erbe // J. Acoust. Soc. Am. V. 108. – 2000. – №1. – pp. 297-303.

**БЕНТОС ПРИЛЕДНИКОВЫХ ЧАСТЕЙ ЗАЛИВОВ НОВОЙ  
ЗЕМЛИ БОГАЧЕ, ЧЕМ ПРЕДСТАВЛЯЛОСЬ РАНЕЕ – НОВЫЕ  
ДАННЫЕ БНПА «ВИДЕОМОДУЛЬ»**

**Удалов А.А., Анисимов И.М., Басин А.Б., Кузьмин В.Ю.,  
Симаков М.И., Тронза С.Н., Пронин А.А.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,  
Нахимовский пр., 36, 117997, г. Москва, aludal@mail.ru*

**BENTOS OF THE GLACIAL PARTS OF THE BAYS OF THE NEW  
EARTH RICHER AS IT WAS PRIOR TO - NEW DATA FROM BNPA  
"VIDEOMODUL"**

Udalov A.A., Anisimov I.M. , Basin A.B. , Kuzmin V.Yu., Simakov M.I. 1,  
Tronza S.N., Pronin A.A.

*Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, 36,  
Nakhimovskii prospect, Moscow, 117997*

Донные сообщества с доминированием крупного анемона *Cerianthus lloydii* описаны в приледниковом районе з. Медвежий (Новая Земля, Карское море) по данным видеонаблюдений БНПА «Видеомодуль».

Bottom communities dominated by the large anemone *Cerianthus lloydii* were described in the periglacial area of Medvezhiy Gulf (Novaya Zemlya, Kara Sea) by the video surveillance of TUUV "Videomodul".

Считается, что донные сообщества приледниковых котловин заливов и фьордов бедны как качественно, так и количественно [1]. Они характеризуются низкой биомассой, численностью и разнообразием. Основной причиной такого положения вещей является повышенная седиментация мелких минеральных частиц, обусловленная ледниковым стоком [2].

Сходная картина была показана для внутренних частей заливов восточного побережья архипелага Новая Земля (заливы Ога и Цивольки), которые характеризуются наличием ледниковых выходов в акваторию залива и высоким терригенным стоком. Так, в бентосе приледниковой котловины залива Ога в ходе дночерпательной съемки

было найдено всего 6 видов с общей биомассой  $2.5 \text{ г/м}^2$  [3]. В заливе Цивольки вблизи ледника «Серп и Молот» также наблюдались низкие значения биомассы  $3.4 \text{ г/м}^2$  [4], при том что на основной акватории этих заливов значения биомассы составляют  $40\text{-}90 \text{ г/м}^2$  [3, 4].

В ходе 76 рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш» в июле 2019 г. впервые были исследованы донные сообщества залива Медвежий (о. Северный, Новая Земля,  $74^{\circ}11 \text{ N}$ ,  $57^{\circ}25 \text{ E}$ ), в том числе его внутренней приледниковой части, приуроченные к илистым грунтам на глубинах 105 - 108 м. Стандартными методами дночерпательной съемки здесь было найдено достаточно бедное сообщество, представленное 6 видами, с доминированием полихет *Scoloplos acutus* и *Scoletoma fragilis* с общей биомассой бентоса около  $2.2 \text{ г/м}^2$ . Фактически, эти характеристики соответствуют таковым для приледникового бентоса соседних заливов.

Однако, видеонаблюдения с помощью БНПА «Видеомодуль» [5] показали наличие здесь поселений крупной анемоны *Cerianthus lloydii* (рис. 1), не только обладающей большой биомассой, но и являющегося основным видом-эдификатором в донной экосистеме. Средние значения плотности *Cerianthus lloydii*, оцененные как на непрерывных фрагментах видеотреков, так и методами покадровой случайной выборки, составили  $4.24 \pm 0.85 \text{ экз/м}^2$ , при этом максимальная численность анемонов в скоплениях достигала  $16 \text{ экз/м}^2$ . Средние расчетные значения биомассы *Cerianthus lloydii* составили  $93 \text{ г/м}^2$ , что в разы превышает биомассу всего дночерпательного бентоса и добавляет 97 % дополнительно к значениям биомассы бентоса, полученным стандартными методами.



Рис. 1. Фрагмент видеотрека. Глубина 108 м. *Cerianthus lloydii*.

Основная проблема, возникающая при подобном сравнении результатов видеонаблюдений и результатов бентосной съемки - отсутствие возможности точного определения биомассы поселений мегафауны. В данном случае нам пришлось использовать оценочные усредненные значения индивидуальной биомассы цериантусов (по нескольким крупным экземплярам, полученным из боксборера). Однако, с учетом указанных ограничений, поселения *Cerianthus lloydii* несомненно доминируют в донных сообществах приледниковой части залива Медвежий.

Таким образом, применение видеонаблюдений показывает, что бентос приледниковых заливов и фьордов может существенно недоучитываться стандартными гидробиологическими методами сбора за счет крупных представителей мегафауны, которые в этих условиях могут играть основную роль в сообществе.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (тема № 0128-2021-0007) при поддержке РФФИ (проекты № 18-05-60070 «Арктика» (сбор данных) и № 18-05-60053 «Арктика» (таксономический анализ)).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Wlodarska-Kowalczyk, M. Benthic response to chronic natural physical disturbance by glacial sedimentation in an Arctic fjord / M. Wlodarska-Kowalczyk, T.H. Pearson, M.A. Kendall // Marine Ecology Progress Series. - 2005. - V. 303. - P. 31–41.
2. Görlich, K. Suspension settling effect on macrobenthic biomass distribution in the Hornsund fjord, Spitsbergen / K. Görlich, J.M. Weslawski, M. Zajaczkowski // Polar Research 5 new series. - 1987. - P. 175-192.
3. Удалов, А.А. Донная фауна залива Ога (Новая Земля, Карское Море) / А.А. Удалов, А.А. Веденин, А.И. Чава, С.А. Щука // Океанология. – 2019. - Т. 59. - № 6. - С. 1028-1038.
4. Чава, А.И. Донная фауна залива Цивольки (архипелаг Новая Земля, Карское море) / А. А. Удалов, А. А. Веденин, С. А. Щука, В. О. Мокиевский // Океанология. - 2017. - Т. 57. - № 1. - С. 160-170.
5. Пронин, А.А. Методика сбора и представления материалов видеосъемки поверхности дна с помощью необитаемого подводного буксируемого аппарата «Видеомодуль» // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 12 (часть 1) – С. 142-147.

**МОНИТОРИНГ ДОННЫХ СООБЩЕСТВ В РАЙОНЕ  
ЗАТОПЛЕНИЯ АПЛ К-27 (ЗАЛИВ СТЕПОВОГО, НОВАЯ ЗЕМЛЯ,  
КАРСКОЕ МОРЕ)**

**Удалов А.А., Веденин А.А., Чава А.И.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,  
Нахимовский пр., 36, 117997, г. Москва, aludal@mail.ru*

**MONITORING OF BOTTOM COMMUNITIES IN THE AREA OF  
INLOUSED SUBMARINE K-27 (BAY OF STEPVOVOE, NOVAYA  
ZEMLYA, KARSKOYE MORE)**

**Udalov A.A., Vedenin A.A., Chava A.I.**

*Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, 36,  
Nakhimovskii prospect, Moscow, 117997*

Проведено описание донных сообществ вблизи затопленной АПЛ К-27. Количественные характеристики и структура бентоса не отличаются от таковых, наблюдаемых для фоновых сообществ заливов Новой Земли, развивающихся в сходных условиях (глубина, тип грунта).

Bottom communities near the sunken nuclear submarine K-27 have been described. The quantitative characteristics and structure of benthos did not differ from those for widespread communities of Novaya Zemlya bays developing under similar conditions (depth, sediments).

АПЛ К-27 была затоплена в заливе Степового в 1981 году [1]. Источником радиоактивности является ядерное топливо в реакторе левого борта и топливо, вынесенное в соответствующий парогенератор. Хотя перед затоплением элементы энергетической установки были герметизированы фурфуролом, а весь отсек после этого был залит битумом, существует мнение, что возможно нарушение упомянутых выше защитных барьеров [1, 2]. Таким образом, важнейшей задачей контроля и предотвращения чрезвычайной ситуации на АПЛ К-27 является постоянный контроль окружающей среды в заливе Степового. Одним из способов этого контроля является мониторинг состояния бентосных сообществ в районе затопленной АПЛ. Более того, в свете

наличия проектов по возможному подъему АПЛ К-27 [2] необходимо описание «фонового» состояния экосистемы залива.

Непосредственно в районе нахождения лодки в заливе Степового (рис. 1) было выполнено 3 станции в 2013, 2014 и 2015 гг в ходе 125 и 128 рейсов НИС «Профессор Штокман» и 63 рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш» соответственно. Глубина в районе работ составляет 36-44 м, грунт на ст. 125-55 представлен слабо окатанной галькой, на станциях 128-60 и 5257 слабо заиленными камнями и галькой. Пробы были отобраны стандартными методами с использованием дночерпателей «Океан» и «Ван-Вин» с площадью раскрытия 0.1 м<sup>2</sup> (3 пробы на станцию) и промыты на сите 0.5 мм.

В ходе исследования было найдено 77 видов макробентоса. Наиболее разнообразными группами оказались полихеты (33 вида) и ракообразные (14 видов). Несколько меньше двусторчатых моллюсков (6 видов), гастропод (6 видов), мшанок (5 видов) и офиур (4 вида). Остальные таксоны (сипункулиды, немертины, пантоподы, брахиоподы, губки, асцидии) представлены 1-2 видами. Плотность поселения организмов макробентоса менялась от 417 до 1503 экз/м<sup>2</sup> (ср. 847 экз/м<sup>2</sup>). Биомасса на станциях изменялась в пределах 20.1 – 27.8 г/м<sup>2</sup> (ср. 25.1 г/м<sup>2</sup>).

Наибольшей частотой встречаемости обладают полихеты *Tharyx* sp., Syllidae gen. sp., *Pholoe longa* и остракоды *Philomedes globosus* (встречены на всех станциях). Обращает на себя внимание большое количество видов эпифауны (мшанки, губки, асцидии), а также видов, активно передвигающихся по поверхности субстрата, как обычных для всех типов грунта (иглокожие, большая часть ракообразных), так и приуроченных исключительно к твердым субстратам (хитоны и гастроподы). Эти же виды занимают доминирующее положение в сообществе.

По относительной интенсивности метаболизма (мера обилия, учитывающая численность, биомассу и дыхательный коэффициент организмов [3]) в бентосных сообществах в окрестностях лодки доминируют хитон *Tonicella marmorea* (16.5 %), седентарная полихета *Pista maculata* (9.3 %), офиура *Ophiacantha bidentata* (7.8 %), гастропода *Lepeta caeca* (7.7 %) и брахиопода *Hemithiris psittacea* (6.2 %). Среди типичных видов инфауны только крупная, глубоко закапывающаяся сипункулида *Golfingia margaritacea* входит в число доминантов (10.6 % обилия).



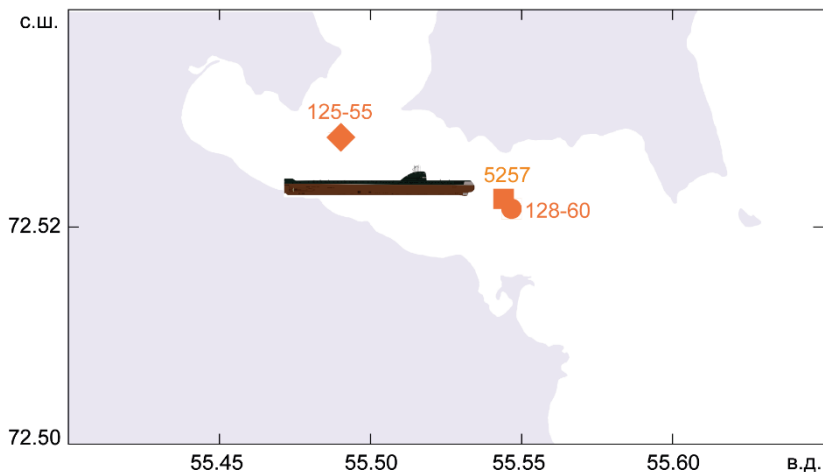


Рис. 1. Схема бентосных станций, выполненных в районе нахождения АПЛ К-27.

Как по основным количественным характеристикам, так и по видовому составу и структуре, бентос окрестностей АПЛ сходен с донными сообществами, приуроченными к поясу каменистых грунтов заливов восточного побережья Новой Земли на глубинах 30-50 м. Это донные сообщества внутренней части залива Степового [3] и сообщества бухты Визе (залив Благополучия) [4]. Данное описание может считаться отправной точкой для дальнейшего мониторинга состояния бентоса вблизи АПЛ К-27.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (тема № 0128-2021-0007) при поддержке РФФИ (проекты № 18-05-60070 «Арктика» (получение и анализ данных) и № 18-05-60053 «Арктика» (таксономический анализ донной фауны)).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Билашенко, В. П. Идентификация и инвентаризация затопленных объектов - первый шаг к реабилитации и возможности освоения арктического шельфа // В.П. Билашенко, В.А. Сотников / Известия Российской академии наук. Энергетика. - 2013. - № 2. - С. 98-103.
2. Саркисов, А.А. Оценка выхода радионуклидов в окружающую среду при потенциальной аварии в ходе подъема и транспортировки

затопленной атомной подводной лодки «К-27» // А.А. Саркисов, С.В. Антипов, В.П. Биладенко, В.Л. Высоцкий, А.Ю. Казеннов, О.Е. Кикнадзе, М.Н. Кобринский, А.В. Королев, В.А. Сотников, Б.С. Степеннов, П.А. Шведов / Изв. Акад. наук. Энергетика. - 2015. - № 2. - С. 16-29.

3. Удалов, А.А. Донная фауна залива Степового (Новая Земля, Карское Море) // А.А. Удалов, А.А. Веденин, А.И. Чава / Океанология. – 2018. - Т. 58. - № 6. - С. 923-932.

4. Удалов, А.А. Донная фауна залива Благополучия (Новая Земля, Карское море) // А.А. Удалов, А.А. Веденин, М.И. Симаков / Океанология. - 2016. - Т. 56. - № 5. - С. 720-730.

УДК 551.465

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВИДЕОРЕГИСТРАТОРА МЕЗОПЛАНКТОНА ДЛЯ АНАЛИЗА ЭКОЛОГИИ ВОДОЕМОВ, В ТОМ ЧИСЛЕ В АРКТИКЕ**

**Оленин А.Л.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Нахимовский пр., 36,  
117997, г. Москва, 8(910)4780594, olenin.al@ocean.ru*

## **PROSPECTS OF USING THE VIDEO RECORDER OF MESOPLANKTON FOR ANALYSIS OF THE ECOLOGY OF WATER BODIES, INCLUDING IN THE ARCTIC**

Olenin A.L.

*Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, 36,  
Nakhimovskii prospect, Moscow, 117997*

В докладе представлены требования к перспективному видеорегистратору мезопланктона и частиц взвеси, результаты его проектирования и методика использования.

The report presents the requirements for a promising video recorder of mesoplankton and particulate matter, the results of its design and the method of use.

Анализ современного состояния технических средств океанологических исследований показывает, что в настоящее время отсутствуют доступные системы для оперативного видеонаблюдения за находящимися в морской воде частицами взвеси и мезопланктона.

Созданный в ИО РАН видеорегистратор [1] принципиально позволяет получить такой инструмент, однако его практические испытания показывают недостаточное качество получаемых изображений. Это приводит к необходимости доработок и улучшений. Всё это можно сформулировать в несколько пунктов для технического задания. В таком перспективном видеорегистраторе должно быть применено следующее:

- цифровая видеокамера для скоростной видеосъемки с малым временем экспозиции кадров.

- система освещения с плоскими узкими световыми пучками как на основе белых мощных светодиодов, так и полупроводниковых лазеров

- компактная конструкция погружаемого зонда, облегчающая работу с маломерных плавсредств

- организация базы данных на ноутбуке оператора для эффективной привязки и документирования получаемых фотоизображений как к станции, так и к глубине погружения

В докладе приводятся результаты компоновок погружаемого зонда и результаты предварительных лабораторных и натуральных испытаний некоторых практических улучшений видеорегистратора на момент проведения данной конференции.

При выполнении всех указанных выше улучшений видеорегистратор может быть использован при проведения морских экспедиционных работ для оперативной оценки наличия и концентрации мезопланктона на станциях на различных глубинах с последующим прицельным отбором проб и лабораторными измерениями концентрации мезопланктона по сертифицированным методикам. Кроме того, видеорегистратор может применяться для работ на внутренних водоемах. В этом случае не используется лебедка, работа ведется с маломерного судна по короткому гибкому кабелю.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (тема № 0128-2021-0010) при поддержке РФФИ (проект №18-05-60070 «Арктика»).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Оленин А.Л. Использование подводной видеокамеры для оперативного нахождения границ горизонтов повышенной мутности in situ // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2020. – № 11. – С. 42-45  
URL: <http://www.applied-research.ru/ru/article/view?id=13146> (дата обращения: 29.01.2021).

УДК 551.465

### **ИСПЫТАНИЯ ВИДЕОРЕГИСТРАТОРА МЕЗОПЛАНКТОНА И ЧАСТИЦ ВЗВЕСИ В КАРСКОМ МОРЕ**

**Оленин А.Л.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Нахимовский пр., 36,  
117997, г. Москва, 8(910)4780594, olenin.al@ocean.ru*

### **TESTS OF THE VIDEO RECORDER OF MESOPLANKTON AND SUSPENDED PARTICLES IN THE KARA SEA**

Olenin A.L.

*Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, 36,  
Nakhimovskii prospect, Moscow, 117997*

В докладе представлены результаты видеорегистрации in situ частиц взвеси (в частности, зоопланктона), выполненных в 81м рейсе НИС Академик Мстислав Келдыш.

The report presents the results of in situ video recording of particulate matter (in particular, zooplankton) performed during the 81st cruise of the R / V Akademik Mstislav Keldysh.

Анализ современного состояния технических средств океанологических исследований показывает, что при проведении экспедиционных исследований актуально получение качественных цветных изображений частиц взвеси и мезопланктона in situ в реальном времени. Это позволяет проводить оперативную оценку наличия

искомых объектов на требуемых горизонтах, что дополняет традиционную методику, использующую сетный лов, пробоотбор и последующие лабораторные исследования.

В докладе представлены результаты видеорегистрации частиц взвеси в воде, полученные в 81м рейсе НИС Академик Мстислав Келдыш. Натурные съемки выполнялись с использованием элементов созданной ранее измерительно-технологической платформы [1] с оптико-волоконной линией передачи данных.

Видеосъемка частиц взвеси или мезопланктона имеет свои отличия:

- масштаб изображения немного меньше единицы (объекты изображаются на матрице с небольшим уменьшением)

- объектив задиафрагмирован (работает на больших диафрагменных числах), поэтому требуется мощная система освещения

- система освещения должна освещать находящиеся в поле зрения, ограниченным глубиной резкости, частицы, находящиеся в толще воды относительно недалеко от входного иллюминатора видеокамеры

- для исключения смаза изображения из-за движения частиц (из-за движения камеры относительно воды) требуется использовать малое время экспозиции для кадров.

Для зондирований использован погружаемый зонд, содержащий специальную подводную видеокамеру с разрешением 15 Мп и система освещения, оптико-волоконный модем. Для измерения текущей глубины погружения использован высокоточный гидростатический датчик давления. На экране ноутбука видеорегистратора выводится текущее видеоизображение с погружаемого зонда с возможностью делать мгновенные цифровые фотоснимки и индикацией текущей глубины.

В процессе зондирований на станциях были продемонстрированы реальные видео- и фотоизображения частиц на различных горизонтах до глубины 120 м. Данная система является прототипом более совершенной системы для оперативного *in situ* зондирующего видеонаблюдения.

Кроме того, созданная система видеорегистрации из-за особенностей её системы освещения позволяет проводить оперативное обнаружение границ мутных горизонтов. Это может быть использовано при проведении исследовательских работ в прибрежной зоне, в зонах выноса ледников, дноуглубительных работах [2].

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (тема № 0128-2021-0010) при поддержке РФФИ (проект №18-05-60070 «Арктика»).

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Смирнов Г.В., Матишов Г.Г. Оленин А.Л. и др. Морские испытания многоканальной измерительно-технологической платформы // Вестник южного научного центра 2014. Т. 10. № 3 С. 54–60
2. Оленин А.Л. Использование подводной видеокамеры для оперативного нахождения границ горизонтов повышенной мутности in situ // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2020. – № 11. – С. 42-45  
URL: <http://www.applied-research.ru/ru/article/view?id=13146> (дата обращения: 29.01.2021).

УДК 551.46.007

### **КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАХОРОНЕНИЙ ТВЕРДЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ (ТРО) В 81 РЕЙСЕ НИС «АКАДЕМИК МСТИСЛАВ КЕЛДЫШ В КАРСКОЕ МОРЕ**

**Римский-Корсаков Н.А.<sup>1</sup>, Кикнадзе О.Е.<sup>2</sup>, Пронин А.А.<sup>1</sup>,  
Алексеев И.Н.<sup>2</sup>, Казеннов А.Ю.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт океанологии им.П.П.Ширшова РАН, Нахимовский проспект  
36, 117997, г. Москва, 8(499) 1247987, nrk@ocean.ru*

<sup>2</sup>*Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»  
(НИЦ КИ), площадь Академика Курчатова, 1, стр. 113, Москва  
+7 (926)222-79-07, Kiknadze\_OE@nrcki.ru*

**COMPREHENSIVE RESEARCHES OF SOLID RADIOACTIVE WASTE  
(SRW) DEPOSITS IN 81 VISITS OF THE R / V ACADEMIK MSTISLAV  
KELDYSH TO THE KARA SEA**

**Rimsky-Korsakov N.A.<sup>1</sup>, Kiknadze O.E.<sup>2</sup>, Pronin A.A.<sup>1</sup>, Alekseev I.N.<sup>2</sup>,  
Kazennov A.Yu.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Shirshov Institute of Oceanology RAS, 36 Nakhimovsky pr., 117997,  
Moscow,*

<sup>2</sup>*National Research Center "Kurchatov Institute" (NRC KI), Academician  
Kurchatov Square, 1, p. 113, Moscow*

Особенности состояния окружающей среды в Российской Арктике во многом связаны с наличием здесь захоронений радиоактивных аварийных объектов и отходов эксплуатации морских ядерных установок. Радиоактивное загрязнение среды определяется состоянием оболочек (защитных барьеров) объектов захоронения, наличием и величиной перемешивания вод, морфологией подводного рельефа и устойчивостью донных сообществ к воздействию радиоактивных загрязнений. Настоящий доклад посвящен натурному изучению этих процессов и разработке новых технологий их исследований.

The peculiarities of the state of the environment in the Russian Arctic are largely associated with the presence here of burials of radioactive emergency facilities and waste from the operation of offshore nuclear installations. Radioactive contamination of the environment is determined by the state of the shells (protective barriers) of the disposal facilities, the presence and amount of mixing of waters, the morphology of the underwater relief and the resistance of bottom communities to the effects of radioactive contamination. This report is devoted to the full-scale study of these processes and the development of new technologies for their research.

Основной задачей исследований окружающей природной среды в 81 рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» было получение новой актуальной информации о состоянии объектов захоронений ТРО в заливах Новой Земли Карского моря и в Новоземельской впадине [1]. Были исследованы захоронения в заливах Благополучия, Степового и Циволько.

В заливе Благополучия в 2020 году были выполнены целенаправленные измерения гамма-спектров на отдельных объектах захоронений (контейнерах и парогенераторах), каждый из которых включал: фоновое измерение на грунте на расстоянии 1 метр от объекта, измерение на грунте вплотную к основанию объекта и измерение в центре на верхней поверхности объекта. Измерения выполнялись с помощью гамма-спектрометров РЭМ-26, установленных на телеуправляемых подводных аппаратах (ТНПА) «ГНОМ» и «Ровбилдр», оборудованных видеосистемами, что позволяло визуально

фиксировать место и условия измерений. Всего было обследовано 101 объект.

На всех четырех исследованных парогенераторах было обнаружено идентифицирующее их присутствие  $^{60}\text{Co}$ . Из всех контейнеров, которые были исследованы в заливе Благополучия, значимое содержание техногенных радионуклидов было обнаружено только в 10 контейнерах, в остальных активность затопленных ТРО оказалась ниже порога обнаружения. Исследование показало, что около 10-15% всех затопленных контейнеров с ТРО разрушены полностью либо частично.

В заливе Степового было выполнено 11 измерений радиоактивности с борта моторного катера с использованием ТНПА «ГНОМ» с установленным на нем гамма-спектрометром РЭМ-35-2. Был проведен осмотр АПЛ К-27 с помощью видеосистемы ТНПА «Гном», при этом в контрольных точках были зарегистрированы спектры гамма-излучения. В непосредственной близости от корпуса АПЛ было зарегистрировано 11 спектров гамма-излучения с экспозицией по 200 с. Измерения были проведены в контрольных точках: возле кормы, над реакторным отсеком, на дне под реакторным отсеком по левому борту и у задней оконечности рубки (схема расположения контрольных точек, представлена на рис.1).

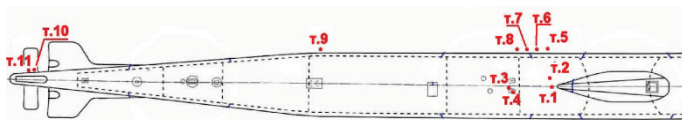


Рис.1. Схема расположения контрольных точек на корпусе АПЛ К-27.

Также в северо-западной кутовой части залива Степового было выполнено обследование двух групп затопленных контейнеров. Из 14 контейнеров, которые были обследованы, значимое содержание техногенных радионуклидов было обнаружено только в 5 контейнерах, в остальных активность затопленных ТРО оказалась ниже порогов обнаружения гамма-спектрометров для принятых экспозиций. Визуальные наблюдения показали, что так же, как и в заливе Благополучия, около 10-15% всех затопленных контейнеров с ТРО разрушены полностью либо частично.

В заливе Циволько было предпринято детальное обследование экранной сборки (ЭС) ядерного реактора (ЯР) атомного ледокола (АЛ)



«Ленин». Надо отметить, что ЭС ЯР АЛ «Ленин» содержит наибольшую активность, среди объектов с ОЯТ, затопленных в Карском море и в случае коррозионного разрушения защитных барьеров и разгерметизации ее саркофага, радиационная ситуация в этой части Карского моря может заметно ухудшиться. Первоначально для уточнения места затопления и получения общей информации о целостности объекта и его структуре была проведена высокоразрешающая гидролокационная съемка и одновременные видеонаблюдения с использованием буксируемого необитаемого подводного аппарата (БНПА) «Видеомодуль» на 6 взаимно перпендикулярных маршрутах, проложенных через точку предполагаемого затопления ЭС. Полученные гидролокационные изображения (рис.2) и видеоматериалы позволили однозначно определить объект как ЭС ЯР АЛ «Ленин» и сделать вывод об общей целостности конструкции понтона и кессона, внутри которых помещена ЭС.

Целенаправленные исследования (видеонаблюдения и радиационные измерения) понтона с ЭС и частью отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) в заливе Циволько были выполнены с помощью ТНПА «Ровбилдр» с размещенным на нем подводным гамма-спектрометром РЭМ-26.

Обзор объекта показал, что его радиационное состояние, по сравнению с последним обследованием в 2015 году, не изменилось. Было опровергнуто сделанное ранее заключение о полном разрушении боковых стальных стенок понтона. Было установлено, что металлические стенки понтона целы и частично закрыты деревянной обшивкой, целостность которой нарушена в носовой части понтона, возможно, в результате удара о грунт при затоплении. В настоящее время в носовой и кормовой частях понтона металл не закрыт обшивкой и сохранил свою целостность. Отмечено значительное биообрастание металлических частей понтона, особенно в верхней его части. В отличие от металлических поверхностей, обрастание деревянной обшивки практически отсутствует.

Регистрация спектров гамма-излучения велась в режиме автономных измерений. Экспозиция единичного спектра была принята равной 50 с, суммарная экспозиция при измерениях на объекте – 150 с. Были зарегистрированы спектры в наиболее показательных точках. Радиационное обследование объекта показало, что в зарегистрированных спектрах отсутствуют следы техногенных радионуклидов, в частности,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{60}\text{Co}$ . Уровень гамма-излучения в непосредственной близости от понтона определяется естественными

радионуклидами, в основном  $^{40}\text{K}$ . Изменений радиационной ситуации, по сравнению с прошлыми обследованиями, не обнаружено.

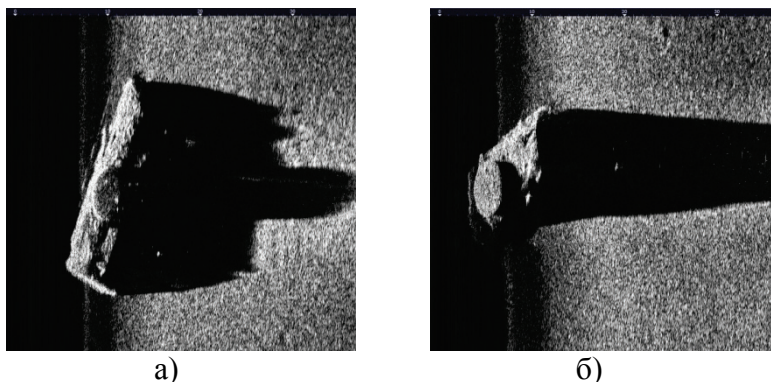


Рис. 2. Гидролокационное изображение понтона с ЭС ЯР АЛ «Ленин», полученное с помощью гидролокатора ГБО-ВМ ТНПА «Видеомодуль»: а – вид со стороны левого борта, б – вид со стороны кормы.

Таким образом, по результатам наблюдений и измерений 2020 года можно сделать следующие выводы:

- захоронения ТРО в заливе Благополучия (контейнеры) не являются значимым источником загрязнения окружающей морской среды и не могут рассматриваться в качестве потенциальной угрозы радиоактивного загрязнения акватории Карского моря;

- состояние защитных барьеров АПЛ К-27 с момента последних измерений в 2019 году не изменилось;

- контейнеры с ТРО, затопленные в заливе Степового, не являются значимым источником загрязнения окружающей морской среды;

- визуальные и гидролокационные наблюдения понтона ЭС ЯР АЛ «Ленин» свидетельствуют о ее целостности, среднюю и носовую часть бортов и днища понтона покрывает деревянная обшивка, а зарегистрированные гамма-спектры свидетельствуют о ненарушенности защитных радиационных барьеров;

- в целом вблизи всех обследованных объектов радиационное загрязнение окружающей природной среды отсутствует.

Тем не менее, возможность разрушения защитных барьеров вследствие коррозии существует и необходим постоянный визуальный

и инструментальный контроль состояния основных объектов захоронений ТРО в Карском море.

Работа выполнена в рамках государственных заданий (темы № 0128-2021-0010, №0128-2021-0012) при поддержке РФФИ (проект № 18-05-60070 «Арктика»).

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Техногенные радионуклиды в морях, омывающих Россию. – М.: ИздАТ, 2005. – 624 с., илл. 64 с.

УДК 551.465

### **СПЕКТРАЛЬНАЯ ИНДЕКСАЦИЯ РАСТРОВЫХ СНИМКОВ ОКЕАНА КАК СРЕДСТВО КОНТРОЛЯ НЕПОСТОЯНСТВА СОСТАВА ФИТОПИГМЕНТОВ В ПРИПОВЕРХНОСТНОМ ВОДНОМ СЛОЕ**

**Карабашев Г.С.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Нахимовский  
пр-кт, д. 36, тел.(495)422-43-33 e-mail: genkar@mail.ru*

**SPECTRAL INDEXATION OF OCEAN RASTER IMAGES AS A MEANS  
OF MONITORING THE VARIABILITY OF PHYTOPIGMENT  
COMPOSITION IN THE NEAR-SURFACE WATER LAYER**

**Karabashev G.S.**

*Shishov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences,  
36, Nakhimovskii prospect, Moscow, 117997*

Представлены смысл, возможности и некоторые результаты применения спектральной индексации растровых снимков океана на примере «цветения» микроводорослей в Мексиканском заливе.

The meaning, possibilities, and some results of the application of spectral indexation of ocean raster images are presented, using the example of microalgae "blooms" in the Gulf of Mexico.

Видовая принадлежности микроводорослей (фитопланктона) частично связана с составом фитопигментов в море. Среди них главным считается хлорофилл *a*, а прочие пигменты – дополнительными. Пигменты избирательно поглощают солнечный свет и порождают минимумы в спектре коэффициента яркости *Rrs* моря. Они служат абсолютным признаком наличия пигментов в морской воде, поскольку в ней нет иных примесей, спектрально подобных фитопигментам.

Сенсор цвета океана MODIS оснащен спектральными каналами на 412, 443, 469, 488, 531, 547, 555 нм, что позволяет отличать пигментный минимум хлорофилла *a* на 443 нм от проявлений дополнительных пигментов в диапазоне 469–555 нм. Выяснилось, что MODIS действительно регистрирует пигментные минимумы в местах скопления фитопланктона без каких-либо манипуляций с первичными данными (Karabashev, Evdoshenko, 2017). Предлагаемая спектральная индексация пикселей MODIS-изображений водной поверхности открывает новые возможности применения спутниковых данных для решения задач экологии моря.

Для этого пользователь определяет наличие минимумов *Rrs* в спектре каждого пикселя, находит сумму длин волн этих минимумов и использует ее как код WRM (Wavelength Reflectance Minimum) наряду с другим атрибутами пикселя (координаты, оценки *Rrs* и т.п.).

ТАБЛИЦА 1

*Коды WRM сочетаний длин волн минимумов Rrs в спектре пикселя MODIS-снимка моря, допустимых устройством сенсора MODIS.*

<b>N</b>	<b><math>\lambda_{\min}</math> нм</b>	<b>WRM</b>
1	Минимумов нет	100
2	443	443
3	469	469
4	488	488
5	531	531
6	547	547
7	443 + 488	931
8	443 + 531	974
9	443 + 547	990
10	443 + 488 + 547	1478
11	469 + 531	1000
12	469 + 547	1016
13	488 + 547	1035

Оценки WRM, соответствующие номиналам спектральных каналов сенсора MODIS, представлены в таблице 1.

Здесь WRM = 100 метит пиксели, чьи спектры лишены минимумов (гладкие спектры). Коды 2 - 6 характеризуют пиксели с одиночными минимумами *Rrs*. Код 443 указывает на повышенный вклад хлорофилла *a* в формирование такого минимума. В остальных случаях (коды 3 – 6) главными факторами появления одиночного минимума *Rrs* могут быть те или иные комбинации дополнительных пигментов. Коды 7 – 10 соответствуют условиям, при которых некоторые из дополнительных пигментов оказываются сравнимыми с хлорофиллом *a* по вкладу в спектр *Rrs*. Коды 11 – 13 соответствуют ситуации, при которой вклад поглощения света хлорофиллом *a* в формирования минимума в спектре *Rrs* незаметен на фоне вклада дополнительных пигментов.

Диагностические возможности минимумов *Rrs* в спектрах водной поверхности были показаны на примере MODIS-данных, полученных в Тихом и Атлантическом океанах, Балтийском и Каспийском морях (Karabashev, G.S., Evdoshenko, M.A.2017; Karabashev, G.S., Evdoshenko, M.A.2018). В настоящей работе диагностический потенциал спектральной индексации растровых снимков морской поверхности проверяется на примере MODIS-изображений шельфа Мексиканского залива во время цветения динофлагелляты *K. Brevis* 28 августа и 18 сентября 2018 г. Те же изображения использовались в публикации (Weisberg et al., 2019) для оценки эффективности индекса обилия *K. Brevis* в водах залива по флуоресценции хлорофилла *a* путем сравнения указанного индекса с определениями концентрации клеток этой водоросли в воде залива.

Результаты этих работ сравниваются на рис. 1. Здесь панели А и В представляют распределения концентрации клеток *K. Brevis* и индекса их обилия (Hu, C., Feng, L. 2017.), тогда как на панелях 1- 3 и 4 - 6 показаны соответствующие распределения кодов WRM.

Рост площади повышенных концентраций клеток *K. Brevis* объясняется тем, что в сентябре усилился ветер, благоприятный для развития апвеллинга в прибрежной зоне, роста содержания биогенных элементов в воде, ускорения темпа деления клеток и роста их численности (Weisberg et al., 2019). Этому явлению сопутствовала смена кодов WRM на панелях 2-3 и 5-6. Явный рост обилия клеток *K. Brevis* на карте В относительно карты А дает основание утверждать, что именно это явление привело к смене кодов в прибрежной полосе вплоть до изобаты 35 м на шельфе п-ва Флорида. Стоит отметить, что сдвиг пика поглощения света пигментами с 443 до 469 нм означает повышенное поглощение коротковолновой солнечной радиации без ущерба для

длинноволновой (красной). Именно этот эффект объясняет, почему массовое размножение *K. Brevis* в Мексиканском заливе называют “красным приливом”.

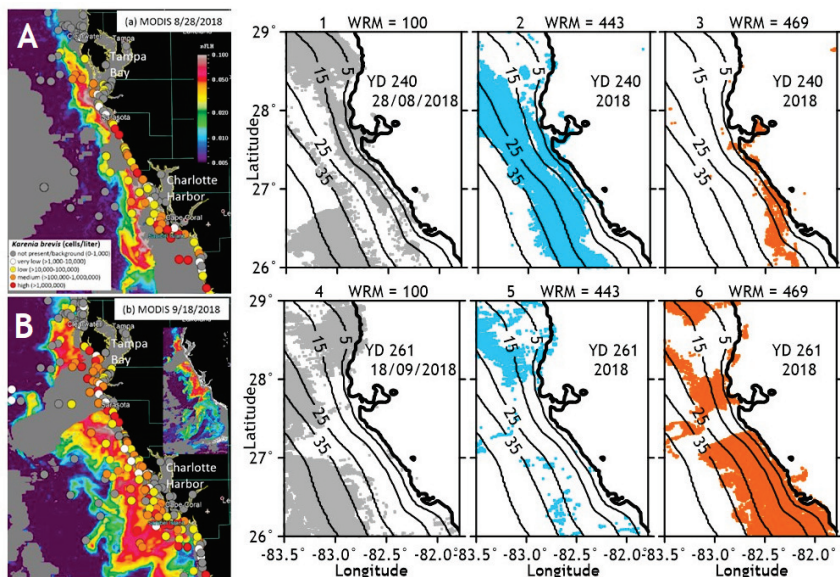


Рис. 1. Концентрации клеток *K. Brevis* на шельфе Мексиканского залива (красные, оранжевые и желтые кружки на панелях А и В обозначают высокую, среднюю и низкую концентрации) и флуоресцентного индекса интенсивности их цветения на поверхности залива (красная, желтая, голубая и бордовая заливки на панелях А и В представляют градации интенсивности цветения от максимума до минимума) по данным MODIS-снимков Мексиканского залива от 28 августа (1) и 18 сентября (2) 2018 г. (Weisberg at al., 2019). Панели 1 - 3 представляют распределения кодов WRM пикселей изображения той же акватории 28 авг. 2018 г. Аналогичные данные от 18 сентября 2018 г. приведены на панелях 4 – 6.

Работа выполнена согласно теме Госзадания № 0128-2021-0001.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Hu, C., Feng, L. 2017. Modified MODIS fluorescence line height data

product to improve image interpretation for red tide monitoring in the eastern Gulf of Mexico. *Journal of Applied Remote Sensing*, 012003-14 Jan-Mar 2017 vol. 11(1) DOI: 10.1177/I.J.R.S.11.012003

2. Karabashev, G.S., Evdoshenko, M.A., 2017. Shortwave minimums of reflectance of water surface as a remote indication of blooms of *Nodularia spumigena* in the southern Caspian Sea, *Sovremennye Problemy Distantionnogo Zondirovaniya Zemli iz Kosmosa* 14 (1), 159—174, <http://dx.doi.org/10.21046/2070-7401-2017-14-1-159-174>

3. Karabashev, G.S., Evdoshenko, M.A., 2018. Narrowband shortwave minima of multispectral reflectance as indication of algal blooms associated with the mesoscale variability in the Brazil-Malvinas Confluence. *Oceanologia* (2018), <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2018.04.003>

4. Weisberg, R. H., Liu, Y., Lembke, C., Hu, C., Hubbard, K., & Garrett, M. 2019. The coastal ocean circulation influence on the 2018 West Florida Shelf *K. brevis* red tide bloom. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124, 2501–2512. <https://doi.org/10.1029/2018JC014887>.

УДК: 574.587(262.5):543456

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПРЯМОГО МИКРОСКОПИРОВАНИЯ  
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕАЛЬНОЙ ЧИСЛЕННОСТИ  
МЕЙОБЕНТОСА ЧЕРНОМОРСКИХ СУЛЬФИДНО-  
ГИПОКСИЧЕСКИХ МЕСТООБИТАНИЙ ДНА**

**Иванова Е.А.**

*Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН,  
пр. Нахимова, 2, 299011, г. Севастополь,  
8(8692) 54-41-10, katya.iva@mail.ru*

**APPLICATION OF THE DIRECT MICROSCOPING METHOD FOR  
DETERMINING THE REAL NUMBER OF MEIOBENTHOS IN THE  
BLACK SEA SULFIDE-HYPOXIC BOTTOM HABITATIONS**

**Ivanova E.A.**

*Institute of Biology of the Southern Seas. A.O. Kovalevsky Russian Academy  
of Sciences, Nakhimov Ave., 2, 299011, Sevastopol,*

Исследования показали результаты прямого микроскопического

подсчета мейобентоса в неокрашенных образцах природных отложений из неглубоких выходов метана и хемоклина Черного моря. Был сделан вывод, что доля живых компонентов мейобентосного сообщества в образцах из наблюдаемых сред кислородной депрессии выходов Черного моря составляет всего 3–4% от общей численности мейофауны. Бентическая мейофауна экстремальных природных условий Черного моря (выходы метана) имеет тенденцию к значительному понижению по сравнению с эталонными участками. В хемоклине Черного моря в районе Геленджика на глубине 240 м доля активного мейобентоса не превышала 1,5% от общего числа организмов, зарегистрированных в пробе.

Research has shown the results of direct microscopic counts of the meiobenthos in non-stained natural sediment samples from shallow methane seeps and chemocline of the Black Sea. It was concluded that the proportion of live components of meiobenthic community in samples from the observed Black Sea' seeps oxygen depression environments is only 3–4 % of the total number of meiofauna. Benthic meiofauna of the Black Sea extreme environments (methane seeps) tends to be significantly depressed in comparison with the reference sites. In the chemocline of the Black Sea near Gelendzhik at a depth of 240 m the proportion of active meiobenthos was no greater than 1.5% of the total number of organisms recorded from the sample.

Возможность выживания морской мейофауны в критических условиях обитания стала остродискуссионной в последние полтора десятка лет. Ключевым вопросом биологии мейобентоса сульфидно-гипоксических местообитаний является достоверный подсчет действительной численности живых особей на момент отбора проб. Под «критическими», экстремальными в данном случае подразумеваются свойства таких природных объектов как, например, метановые сипы – места струйных выходов газов из морского дна с образованием сульфуретт бактериальных матов или редокс-зона Чёрного моря, где кислород регистрируется в следовых количествах, а присутствие дыхательного яда – сероводорода делает среду малоприспособленной для большинства морских организмов – эукариот.

Образцы грунта, добываемые с больших глубин Чёрного моря или из донных осадков метановых сипов зачастую содержат хорошо сохранившихся представителей мейобентоса, что позволило допустить возможность постоянного обитания эукариот в отсутствие кислорода и при наличии больших количеств сероводорода, то есть в самых неблагоприятных условиях среды. Однако в большинстве таких работ



не учитывается тот факт, что традиционная техника отбора проб для фаунистических исследований мейобентоса [1] не позволяет достоверно отличить живых особей от мертвых организмов, погибших из-за критических условий среды. Тела отмерших организмов хорошо сохраняются в анакисических условиях [2], что ведет к значительной переоценке (завышению) численности мейофауны, реально обитающей в экстремальном экотопе [3].

В докладе представлены результаты серии визуальных наблюдений методом прямого микроскопирования для определения фактической доли живой компоненты в пробах мейобентоса из сульфидно-гипоксических местообитаний Чёрного моря.

Выявлено, что общая численность и таксономический состав сообществ мейобентоса в пробах, взятых традиционным методом с фиксации организмов и в пробах для визуальных наблюдений (без фиксации) вполне сопоставимы. Однако визуальное наблюдение физиологического состояния этих животных методом прямого учёта без применения фиксации спиртом или формалином показывает, что только 3–4 % от общего количества обнаруженных представителей мейофауны являлись живыми на момент отбора проб. Остальные организмы, вероятно, погибли в крайне агрессивной среде обитания и их трупы, не разлагаясь, способны находиться в слое осадка, где отсутствует кислород, достаточно продолжительное время [3]. В осадках мелководных метановых сипов мыса Тарханкут и бухты Двужкорная, также в хемоклине Чёрного моря в районе Геленджика на глубине 240 м живые особи мейофауны обнаружены только в верхнем 0,0–0,5 см слое осадка, а доля активного мейобентоса не превышала 1,5 % [3, 4].

Сравнительные исследования физиологического состояния микро- и мейофауны проводились ранее другими исследователями в хемоклине различных участков шельфа Чёрного моря. Так, по данным [5], в прибосфорском районе на шельфе Чёрного моря наибольшее количество живых, двигательльно-активных особей обнаружено в донных осадках на глубине 172 м – над верхней границей сероводородной зоны пелагиали, примыкающей к материковому склону (185 – 188 м). Общая численность живых организмов на 250 м была крайне низкой, а на ещё большей глубине – 294 м – каких-либо живых форм зообентоса найти не удалось. Также, и на вышележащем горизонте 116 м не найдено живых организмов, что может быть в какой-то мере объяснено совокупностью кислород-дефицитных условий среды и тех или иных особенностей микрорельефа дна (локальных углублений и т.п.). Как следствие, расселение зообентоса может иметь здесь очаговый, пятнистый характер. Наибольшей глубиной на шельфе Крыма, где были

обнаружены живые организмы, оказался горизонт 204 м. Глубже, на отметке 376 м живых организмов не найдено [5].

Таким образом, очевидно, что долю живой и мертвой компоненты мейобентоса необходимо учитывать при традиционных таксономических исследованиях, особенно в биотопах с экстремальными условиями обитания для гидробионтов, где сам вопрос о возможности существования жизни является основным.

Исследование проведено по теме государственного задания ФГБУН ИМБИ «Функциональные, метаболические и токсикологические аспекты существования гидробионтов и их популяций в биотопах с различным физико-химическим режимом», номер государственной регистрации НИОКТР АААА-А18-118021490093-4.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Higgins R. P. Introduction to the study of meiofauna / Higgins R. P., Thiel H. – Smithsonian Washington D.C.: Institution Press, 1988. – 488 pp.
2. Grego M. CellTracker Green labelling vs. rose bengal staining: CTG wins by points in distinguishing living from dead anoxia-impacted copepods and nematodes / Grego M., Stachowitsch M., De Troch M., B. Riedel // Biogeosciences. – 2013. – Vol. 10. – P. 4565–4575.
3. Иванова Е.А. Экология мейобентоса метановых сипов Чёрного моря: фаунистические характеристики и результаты наблюдений физиологического состояния методом прямого микрокопирования / Иванова Е.А. // Экосистемы. – 2017. – Вып. 10. – С. 28–34.
4. Stunzhas P. A. On the Possible Presence of Oxygen in the Upper Sediment Layer of the Hydrogen Sulfide Zone in the Black Sea / Stunzhas P. A., Gulin M. B., Zatsepin A. G., Ivanova E. A. // Oceanology. – 2019. – Vol. 59, iss. 1. P. 155-157. DOI: 10.1134/S0001437019010211
5. Гулин М. Б. Батиметрическое распределение живых активных форм зообентоса в хемоклине Чёрного моря / Гулин М. Б. // Морской экологический журнал. – 2013. – Т. 12, № 1. – С. 5–17.

**АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАЛАКОФАУНЫ  
В ЗОНАЛЬНО-ПОЯСНОМ ЭКОТОПЕ РАКУШИИ АКВАТОРИИ  
КАРАДАГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТУРЫ  
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

**Гулин М.Б.**

*ФИЦ "Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН",  
пр. Нахимова, 2, 299011, г. Севастополь,  
+7(8692)54-41-10, m\_gulin@mail.ru*

**ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL STATE OF A LITTLE FAUNA  
IN THE ZONE-BELT ECOTOPE OF THE SHELLS OF THE KARADAGA  
WATER AREA USING REMOTE SENSING EQUIPMENT**

**Gulin M.B.**

*Federal Research Center "Institute of Biology of the Southern Seas named  
after A.O. Kovalevsky RAS", Nakhimov Ave., 2, 299011, Sevastopol*

Приведены материалы исследовательских экспедиций по экологическому состоянию поселений моллюсков в мягких донных отложениях прибрежных вод Карадага (юго-восток Крыма). Обсуждаются возможные причины исчезновения *Mytilus galloprovincialis* в полосовых ракушечных отложениях (глубина морского дна 24–27 м) в охраняемых человеком водах Черного моря.

Materials of research expeditions are presented regarding to ecological status of mollusc settlements at the soft bottom sediments of Karadag coastal waters (south-eastern Crimea). Discusses the probable reasons for the disappearance of *Mytilus galloprovincialis* in the band shelly sediments (sea floor depth 24–27 m) within the humanly protected waters of the Black Sea.

В период 2008 – 2020 гг. проведено обследование дна различных участков акватории заповедника Карадагской научной станции [1, 2]. На глубинах свыше 15 метров, где работы водолазов ограничены по времени и небезопасны, был использован подводный телеробот "MiniRover МК-II" (Рис. 1).

Данный подводный аппарат управляется дистанционно – с борта судна обеспечения. Он имеет четыре двигателя для передвижения и

маневрирования у дна, компас и глубиномер. Видеосигнал от видеокамеры телеробота передаётся по кабель-тросу на монитор оператора и видеомагнитофон.

Для общего анализа использовались также архивные данные о бентосных исследованиях в различные периоды XX столетия: в предвоенные 30-е годы и в начальный период высоких темпов индустриализации азово-черноморского региона 50-х гг. [3, 4].

Картирование местоположения основных типов донных осадков в акватории Карадагского заповедника в целом подтвердило информацию Г. В. Лосовской [4] о залегании ракуши в пределах глубин 18–30 метров. Вместе с тем, основное скопление ракушечных отложений впервые было найдено в более узкой полосе этого диапазона: 24–27 м.



Рис. 1. ПА “MiniRover МК-II” на глубине 15 метров

Однако, несмотря на выявленное постоянство для довольно большого промежутка времени таких базовых параметров среды как температура и кислород, не было обнаружено ни одного экземпляра живой мидии в указанной полосе ракуши на сублиторали Карадага. При

этом, в пробах грунта было найдено много створок раковин отмерших моллюсков – прежде всего мидии, а также устриц и др.

Вместе с тем, в отношении других представителей малакофауны исследованные участки дна в настоящее время нельзя назвать совершенно безжизненными. Во всех пробах были обнаружены живые моллюски других видов, причем, как *Bivalvia*, так и *Gastropoda*. Двустворчатые в исследованных районах представлены, в основном, такими видами как *Gouldia minima*, *Chamelea gallina* и *Parvicardium exiguum*. С использованием дночерпателя Петерсена наибольшая численность двустворок была обнаружена у м. Мальчин на глубине 18–20 м – 89 экз./м<sup>2</sup>. На трансектах «Мальчин» и «Южная Сердоликовая» были найдены живые особи рапаны (диапазон глубин 18,4 – 25 м).



Рис. 2. Полоса раковин отмерших особей *Mytilus galloprovincialis*, глубина 24 м

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гулин М. Б. Исследования донных ландшафтов акватории Карадагского природного заповедника с использованием дистанционно управляемой аппаратуры / М. Б. Гулин, В. А. Тимофеев, В. П. Чекалов // Карадаг 2009: Сборник научных трудов, посвященный 95-летию Карадагской научной станции и 30-летию Карадагского природного заповедника НАНУ. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. – С. 407–412.

2. Гулин М. Б. Оценка причин угнетения биотического потенциала мидии в зонально-поясном экотопе ракуши акватории Карадага / М. Б. Гулин, В. А. Тимофеев // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2014. – № 11. – С. 223–228.
3. Бекман М. Ю. Материалы для количественной характеристики донной фауны Черного моря / М. Ю. Бекман // Тр. Карадагской биол. станции. – 1952. – № 12. – С. 50–67.
4. Лосовская Г. В. Распределение и количественное развитие донной фауны Черного моря в районе Карадага / Г. В. Лосовская // Тр. Карадагской биол. станции. – 1960. – № 16. – С. 16–29.

УДК 574.652

## МЕЙОБЕНТОС КАК ИНСТРУМЕНТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА: РОЛЬ СЕЗОННОГО ФАКТОРА

Мокиевский В.О.<sup>1</sup>, Чесунов А.В.<sup>2</sup>, Нгуен Ву Тхань<sup>3</sup>,  
Нгуен Динь Ты<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,  
Нахимовский пр., 36, 117997, г. Москва, vadim@ocean.ru*

<sup>2</sup> *Московский государственный университет им М.В. Ломоносова,  
Москва, Ленинские горы, д. 1*

<sup>3</sup> *Институт Экологии и Биологии Вьетнамской Академии наук*

## MEIOBENTHOS AS A MONITORING TOOL: THE ROLE OF SEASONALITY

<sup>1</sup> *Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, 36,  
Nakhimovskii prospect, Moscow, 117997*

<sup>2</sup> *Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Moscow, Lenin  
Hills, 1*

<sup>3</sup> *Institute of Ecology and Biological Resources, Vietnam Academy of  
Science*

Paper presents results of seasonal studies on the intertidal meiobenthos in subtropical region. Seasonal changes appear in all the characters of meiobenthic community including total abundance, relative proportions of taxonomic groups and species composition. Seasonality must be taken into account when meiobenthic researches are implemented in ecological monitoring.

В докладе представлены результаты сезонных исследований мейобентоса и

таксономического состава его наиболее массового компонента – свободноживущих нематод. Исследования выполнены в эстуарной зоне реки Красной (Вьетнам) на трех постоянных станциях.

Мейобентос – удобный объект для мониторинговых исследований, его применение достаточно хорошо обосновано [1, 2]. В этом докладе мы хотим обратить внимание на ограничения в использовании мейобентоса, связанные с ярко выраженной сезонностью. Эта сезонность проявляется не только в умеренных и полярных широтах, но и в тропиках. Сезонные различия выявлены для всех существенных характеристик мейобентоса, в том числе и тех, которые широко применяются в мониторинговых исследованиях. Сезонные изменения характерны и для суммарной численности мейобентоса, и для соотношения таксонов в его составе.

Обилие свободноживущих нематод – самой массовой группы в большинстве биотопов, подвержено заметным сезонным колебаниям, причем направление и масштаб сезонных изменений может быть различным в разных биотопах (Рис. 1).

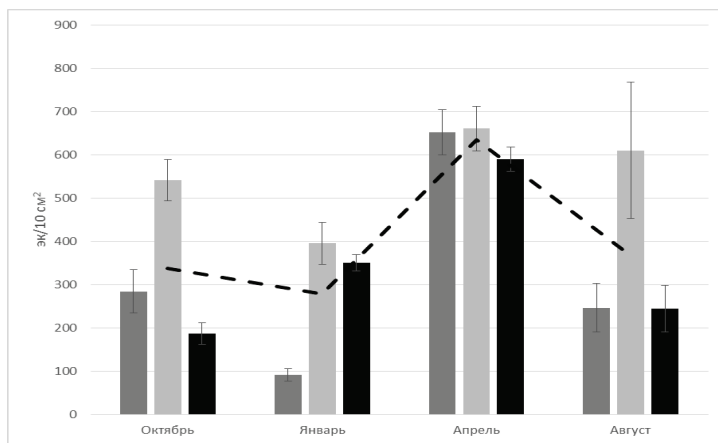


Рис. 1. Изменения плотности поселений нематод (среднее для станции и ст. ошибка) на трех станциях в устье реки Красной по сезонам. Пунктир – средние значения по всем станциям

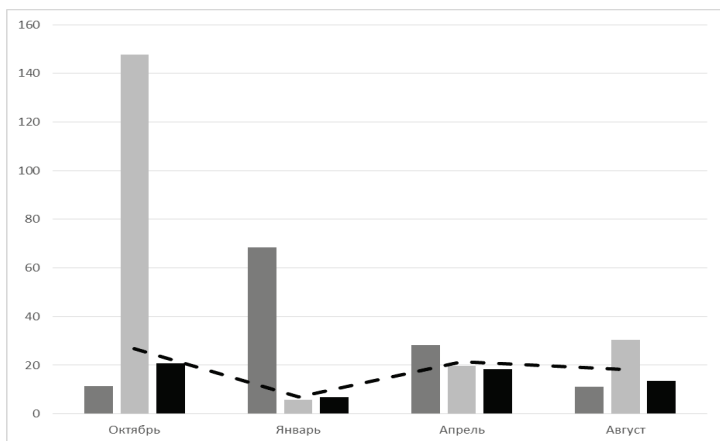


Рис. 2. Сезонные изменения нематодно-копеподного индекса.

Обобщенные индексы состояния сообщества, базирующиеся на соотношении таксонов (например, популярное в мониторинге отношение численности нематод и копепод), более стабильны во времени, несмотря на заметные вариации в пространстве (Рис. 2).

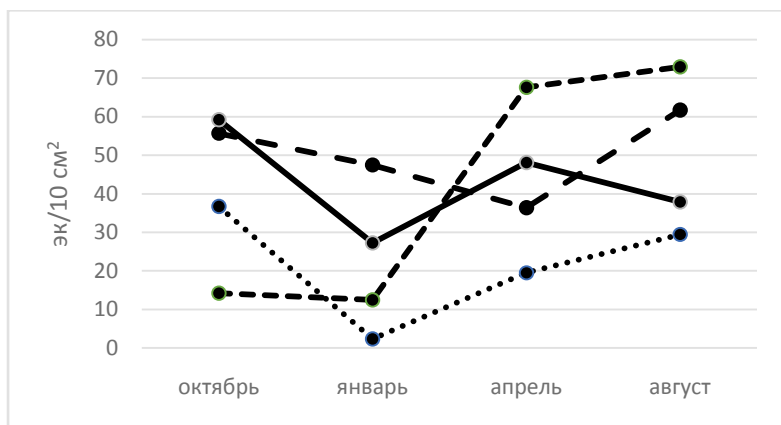


Рис. 3. Сезонные изменения численности некоторых массовых видов нематод на одной станции.

Наиболее вариабельны, по нашим данным, показатели, связанные с видовым разнообразием и структурой доминирования. Независимое и



асинхронное развитие популяций массовых видов приводит к значительным сезонным изменениям структуры доминирования. В результате в каждый сезон наблюдается иная последовательность руководящих видов (Рис. 3).

В исследованном таксоцено немотод (мангровые заросли *Kandelia candel*) выявлена отчетливая сезонная динамика численности всех массовых видов, при этом пики численности доминирующих видов не совпадают. По сходству структуры доминирования в таксоцено немотод выявляются два сезонных аспекта: зимне-осенний и весенне-летний, различающиеся соотношением видов.

Сезонные изменения характерны для мейобентоса всех широтных зоны и затрагивают все существенные характеристики сообщества, используемые в целях экологического мониторинга: показатели общей численности, соотношения ведущих таксонов, плотности популяций отдельных видов. В низких широтах сезонная изменчивость мейобентоса убывает с глубиной, демонстрируя максимальную амплитуду изменений в прибрежной зоне [3]. На литорали пространственная изменчивость сезонного цикла наиболее выражена и часто не подчинена единому правилу – в соседних биотопах характер сезонных изменений может быть различен [4].

Масштаб, интенсивность и направление сезонных изменений различны для разных параметров мейобентоса, измеряемых в исследованиях. В условиях тропического пояса особенно выражены различия в таксономической структуре таксоцено немотод, связанные с асинхронной динамикой массовых видов. Ярко выраженную сезонность, проявляющуюся в ключевых характеристиках мейобентоса, следует учитывать при использовании этой группы в экологическом мониторинге в любом регионе, включая низкие широты. В тропических широтах действие температуры, как фактора, синхронизирующего жизненные циклы, менее выражено, чем в умеренном поясе. Поэтому межсезонные различия в структуре таксоценов могут проявляться здесь даже ярче, чем в умеренной зоне.

Практический вывод для использования мейобентоса или его таксонов в мониторинге прибрежных зон заключается в учете сезонного фактора и снижении его влияния на результат. Это достигается либо проведением повторных сезонных съемок, либо отбором проб в строго определенный сезон.

Исследование поддержано грантом РФФИ № 21-54-54006 и Вьетнамской Академии наук и технологий QTRU01.11/21-22.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Schratzberger M., Ingels J. Meiofauna matters: the roles of meiofauna in benthic ecosystems //Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. – 2018. – V. 502. – P. 12-25.
2. Мокиевский В.О. Экология морского мейобентоса. – М. Товарищество научных изданий КМК, 2009. 286 с..
3. Lampadariou N., Eleftheriou A. Seasonal dynamics of meiofauna from the oligotrophic continental shelf of Crete (Aegean Sea, eastern Mediterranean) //Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. – 2018. – V. 502. – P. 91-104.
4. Yin, S., Tan, P., Yuan, C., Hu, J., Liu, X. Seasonal dynamics of meiofaunal distribution in the Dagu River estuary, Jiaozhou Bay, China //Acta Oceanologica Sinica. – 2017. – V. 36. – N. 12. – P. 79-86.

## IV. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.042

### СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ОБМЕНА ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИМИ ДАННЫМИ

**Вязилов Е.Д., Михеев А.С.**

*ВНИИГМИ-МЦД, Королева, б. 249035. г. Обнинск. 84843974676.  
vjaz@meteo.ru*

EXCHANGE TOOLS FOR OCEAN DATA

Viazilov E., Mikheev A.

*РИНМИ-WDC. Koroleva, б. 249035. Obninsk*

Представляются требования к обмену данными и средства обмена данными. Рассматриваются вопросы стандартизации применяемых при обмене данными общих кодов и классификаторов, единого словаря параметров.

The requirements for data exchange and the tools of data exchange presented. The issues of standardization of common codes and classifiers used in data exchange, a unified dictionary of parameters considered.

### 1. Введение

В области океанографии международный обмен данными всегда был важным моментом пополнения государственного фонда данных. Первоначально он осуществлялся на бумажных носителях (таблицы, отчеты), потом на магнитных носителях (магнитные ленты, магнитные картриджи, дискеты), далее на компактных дисках (CD-ROM, DVD), по электронной почте. А сейчас требуется обмен данными между программными средствами, находящимися на разных Интернет-узлах (серверах) (рис. 1). Система Мировых центров данных Международного совета научных союзов в настоящее время преобразуется в Систему Мировых Данных, где основным способом обмена является межмашинное взаимодействие между информационными системами (ИС).

Уже имеются отдельные примеры такого взаимодействия в рамках панъевропейских проектов EUDAT (<https://www.eudat.eu/>), SeaDataNet (<http://www.seadatanet.org>). Безусловно, стандартизация форматов обмена данными в области гидрометеорологии идет давно, примерами таких стандартов являются [1, 2].



Рис. 1. Развитие средств обмена океанографическими данными

В рамках создания Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО) реализованы возможности интеграции разнородных и распределенных данных (<http://esimo.ru>). С помощью ЕСИМО данные передаются по электронной почте или на сервер FTP в формате CSV или транспортном формате NetCdf.

Реализация межмашинного взаимодействия между различными ИС требует развития стандартизации в этой области (метаданных, общих кодов и классификаторов, единого словаря параметров, форматов сбора, обмена и хранения данных, сервисов доступа к данным), учета требований к форматам обмена данными.

## **2. Требования к обмену данными**

К обмену данными предъявляются следующие требования:

- организации, участвующие в обмене данными, должны быть аккредитованными, например, как сейчас делается для Мировых центров данных [3, 4];
- обмениваемые базы (массивы) данных должны быть сертифицированными;
- обмениваемые наборы данных должны удовлетворять принципам FAIR [11] (поисковость, доступность, интероперабельность и повторное использование);
- форматы должны обеспечивать возможность обмена данными, быть известными и широко распространенными и кроссплатформенными;
- любая система, записавшая файл, впоследствии должна прочитать его и восстановить всю информацию (свойство полноты данных, передаваемых форматом);
- носители информации должны иметь технологическую совместимость на уровне записи – считывания (свойство совместимости данных по чтению);
- наборы данных должны быть документируемыми;
- все записи должны иметь ключевые атрибуты;
- физическая структура данных на носителе должна быть максимально приближена к логической структуре данных;
- список параметров должен соответствовать составу наблюдений, определенному действующими наставлениями и руководствами;
- основные параметры должны иметь признаки качества.

## **3. Средства обмена данными**

Для обмена данными применяются веб-сервисы и Интерфейс прикладного программирования (API). Веб-сервис, идентифицируемый web-адресом, - это программная система со стандартизированными интерфейсами. Веб-сервисы могут взаимодействовать друг с другом и со сторонними приложениями посредством сообщений, основанных на протоколах (UDDI, WSDL, SOAP, XML-RPC, REST, тематических XML-схемах). Вместо XML используется также и формат JSON. Веб-сервис позволяет получить данные от базы данных. Для того, чтобы более широко использовать XML для обмена данными необходимо создать XML схему, в которой должно быть представлено описание

всех элементов (параметров) предметной области с использованием Единого словаря параметров.

API — это набор готовых классов, процедур, функций, структур и констант, предоставляемых приложением (библиотекой, сервисом) для использования во внешних программных продуктах. С помощью API можно организовать доступ к любой базе данных.

#### **4. Общие коды и классификаторы**

При обмене данными необходимо использовать самый высокий уровень стандартизации классификаторов - международные, потом – национальные и отраслевые классификаторы. Для систематизации и поиска классификаторов в системах, участвующих в обмене данными, должны быть базы данных общих кодов и классификаторов. В ЕСИМО – это <http://portal.esimo.net/portal/portal/tech/>, где содержится более 500 классификаторов, и имеются средства поиска и их просмотра).

Для унификации имен атрибутов в различных информационных ресурсах необходимо использовать Единый словарь параметров (в ЕСИМО это <http://esimo.ru/portal/auth/portal/esimo-user/metadata>, в которых представлены сведения о параметрах: название - полное и краткое на русском и английском, единица измерения, формат хранения, точность хранения значений. Английское название параметра позволяет использовать его при международном обмене данными, краткое название – использовать в различных программных интерфейсах

За рубежом в рамках проекта Sea Data Net разработан словарь параметров

([http://seadatanet.maris2.nl/v\\_bodc\\_vocab\\_v2/search.asp?lib=P01](http://seadatanet.maris2.nl/v_bodc_vocab_v2/search.asp?lib=P01)) и общие классификаторы

([http://seadatanet.maris2.nl/v\\_bodc\\_vocab\\_v2/welcome.asp](http://seadatanet.maris2.nl/v_bodc_vocab_v2/welcome.asp)). Словарь является достаточно сложным и объемным более 43 тысяч единиц описаний параметров, в российском варианте – около 2500 единиц.

Для автоматического обмена данными необходимо, чтобы общие коды и классификаторы, единый словарь параметров были всегда доступны в онлайн и их можно было бы использовать в различных программных приложениях.

#### **5. Выводы**

Для разового обмена океанографическими данными используются форматы NetCdf, расширяемые языки разметки XML и JSON. Для регулярного обмена данными необходимо применять веб-сервисы и API интерфейсы. Кроме стандартизации форматов необходимо стандартизовать применяемые при обмене данными общие коды и классификаторы, единый словарь параметров. Перспективами

развития обмена данными являются создание на основе словаря параметров единой для гидрометеорологии XML схемы, разработка средств для межмашинного взаимодействия между существующими национальными и международными ИС.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р ИСО 13008-2015. Процессы конверсии и миграции электронных документов. 2012. М.: - Стандартиформ. - 2016. - 70 с. <http://docs.cntd.ru/document/1200123738>. Дата доступа: 01.11.2020.
2. NetCDF (network Common Data Form). Documentation of the netCDF API. "NetCDF Users' Guide, Version 2.3, April 1993. <https://www.unidata.ucar.edu/blogs/news/entry/netcdf-4-7-3>. Дата доступа: 01.11.2020.
3. FAIR Principles. <https://www.go-fair.org/fair-principles/>. Дата доступа: 01.11.2020.
4. Accreditation of WDS Network Members. <http://www.icsu-wds.org/services/certification/accreditation-of-wds-network-members>. Дата доступа: 01.11.2020.

УДК 551.465.7

## О ШТОРМОВОЙ АКТИВНОСТИ НА ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ НА ОСНОВЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЕСИМО

**Вязилова Н.А.<sup>1</sup>, Вязилов А.Е.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеоинформации-Мировой Центр Данных», г.Обнинск, ул.

Королева, д.6, 249035, 499- 795- 21-9 [nav@meteo.ru](mailto:nav@meteo.ru)

<sup>2</sup>ФГБУ «НПО ТАЙФУН», г.Обнинск, ул.Победы,4, 249038,

48439-7-15-40 [vyazilov@typhoon.obninsk.ru](mailto:vyazilov@typhoon.obninsk.ru)

THE STORM ACTIVITY ON EUROPEAN REGION OF RUSSIA BASED  
ON ESIMO INDICATORS

Viazilova N.A., Viazilov A.E.

*All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information – World  
Data Center, 6, Korolyov St., Obninsk, Kaluga region, 249035, Russia, (  
[nav@meteo.ru](mailto:nav@meteo.ru))*

В докладе приводится оценка количества циклонов и штормов, выходящих на европейскую территорию России (ЕТР) из различных районов генезиса, на основе показателей мониторинга циклонической активности, выполняемого в рамках проекта ЕСИМО - количества траекторий циклонов, атмосферного давления и максимальной скорости ветра в центрах циклонов.

The paper shows analyses of cyclone and storm tracks, entering European region of Russia (ETR) from different genesis region based on indicators of cyclone activity monitoring, that is made during the Unified State System of Information on the Global Ocean, - the number of cyclone tracks, atmospheric pressure and maximum storm wind near cyclone centers.

Мониторинг циклонической и штормовой активности на европейской территории России проводится в рамках прикладной задачи ЕСИМО (Единой системы информации обстановки в Мировом океане) на основе данных реанализа NCEP/DOE. Центры циклонов определяются методом автоматической идентификации на основе 6-часовых данных атмосферного давления на уровне моря [1], максимальная скорость приземного ветра выбирается из района радиусом 5 град вокруг центра циклона.

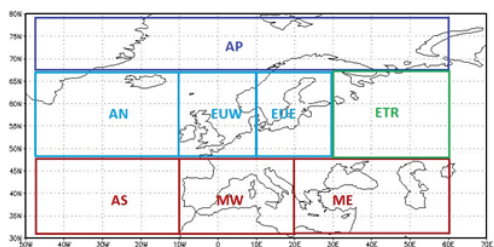


Рисунок 1. Районы генезиса циклонов и штормов, выходящих на европейскую территорию России

Процедура расчета траекторий циклонов позволяет определять районы генезиса и затухания циклонов, что имеет важное значение для анализа путей смещения циклонов в район исследования и изучения факторов, влияющих на формирование повышенной и пониженной циклонической активности в данном регионе в отдельные сезоны. Для каждого циклона район генезиса определяется по стартовой точке

траектории циклона. Районы генезиса циклонов и штормов, выходящих на европейскую территорию России, представлены на рисунке 1.

На рис. 2 представлены карты с выделенными траекториями циклонов, которые строятся средствами ЕСИМО на портале ЕСИМО на основе данных информационного ресурса о траекториях циклонов. Средства портала ЕСИМО позволяют также получить графики изменения давления, максимальной скорости ветра и интенсивности осадков в циклоне в период его смещения из района генезиса (рис.3).

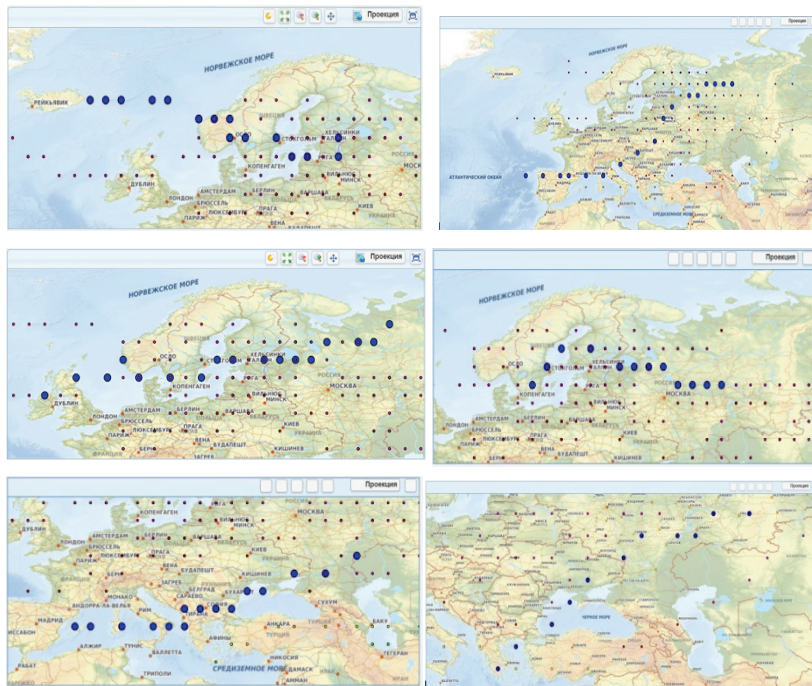


Рисунок 2. Примеры траекторий циклонов, выходящих на европейскую территорию России из различных районов генезиса

При анализе количества траекторий циклонов, выходящих на ЕТР, в отдельную группу выделяются глубокие циклоны, с давлением от 970 гПа и менее, а также штормовые циклоны. Согласно шкале Бофорта, которая часто используется для классификации штормов по скорости ветра, циклоны со скоростью ветра от 17.2 до 24.5 м/сек относятся к умеренным штормам (8,9 баллов по шкале Бофорта),

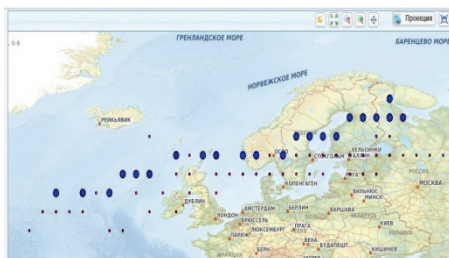


циклоны со скоростью ветра более 24.5 м/сек – к интенсивным или жестоким штормам (10,11,12 баллов по шкале Бофорта).

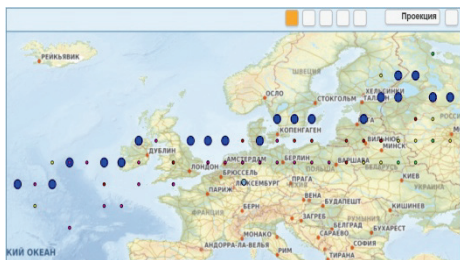
На портале ЕСИМО можно получить графики количества циклонов и штормов, выходящих на ЕТР в зимнюю и летнюю половину года за период с 1979г по настоящее время из различных районов генезиса.

В интегральном количестве штормовых циклонов, вышедших на ЕТР за весь период исследования, наибольший вклад по количеству как умеренных, так и жестоких штормов, вносят циклоны, генерируемые в районах Балтийского и Северного моря, то есть, в основной зоне шторм-трека. Из южных широт, субтропической акватории Северной Атлантики, западного и восточного района Средиземноморского региона, - на ЕТР выходит существенно меньше циклонов и штормов по сравнению с северными районами генезиса, однако южные циклоны отличаются более высокой долей жестоких штормов. Следует отметить, что в штормовых циклонах, выходящих на ЕТР из северных районов генезиса, опасная скорость ветра более 24.5 м/сек практически во всех случаях наблюдается в глубоких циклонах. В южных штормах скорость приземного ветра более 24.5 м/сек часто имеет место в циклонах со значением атмосферного давления выше 980 гПа.

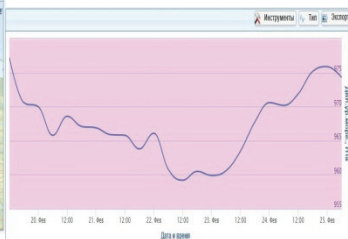
а)



б)



в)



г)

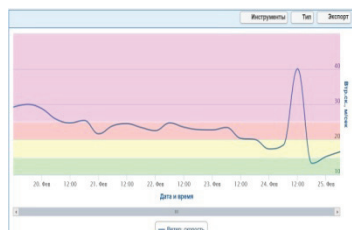


Рисунок 3. Траектория шторма, вышедшего на ЕТР с акватории Атлантического океана в феврале 2018 г.(а), положение максимальной

скорости в районах центров циклона (б), изменение атмосферного давления (в) и скорости ветра (г) в центре циклона

Анализ показывает, что летняя половина года отличается более высоким количеством циклонов и штормов по сравнению с зимним сезоном. При среднем количестве около 16 траекторий в сезон, максимальное количество циклонов, выходящих на ЕТР, наблюдалось в зимние сезоны 1982-1983, 1986-87, 1989-90, 1996-97, 2013-14 и 2015-16 гг. и в летние сезоны 1987, 1990, 1997, 2006 и 2008 гг. Минимальное количество циклонов отмечено в зимние сезоны 1983-84, 1993-94 и 2014-15 гг., и летние сезоны 1982, 1998, 2000, 2010, 2016 гг.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вязилова Н.А. Циклоническая активность и колебания циркуляции в Северной Атлантике. Метеорология и гидрология, 2012, N 7, с.5-14.

УДК 51-73

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВСЕХ ПОСТУЛАТ ЕВКЛИДА – ОСНОВА ИНФОРМАЦИОННОЙ ДОСТОВЕРНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ**

**С.Н. Гузевич**

*АО «Государственный научно-исследовательский навигационно-  
гидрографический институт», г. Санкт-Петербург, Россия  
(АО «ГНИНГИ»)*

**INFORMATION VALIDITY OF MEASUREMENTS - IN USE OF ALL  
POSTULATES OF Euclid**

**S.N. Guzevich**

*JSC "State Research Navigation and Hydrographic Institute ", St.  
Petersburg, Russia (JSC "GNINGI")*

Рассмотрена роль постулат Евклида для достоверного описания сферических процессов природы, выполняемых в параллактической системе координат, связанной с центром Земли. Обеспечение достоверности, управляемой разрешающей способности является основанием для использования параллактической системы при

изучении геологии, океанологии и экологии Земли.

The role of Euclid's postulate for a reliable description of the spherical processes of nature carried out in a parallax coordinate system associated with the center of the Earth is considered. Ensuring the reliability of controlled resolution is the basis for using the parallax system in studying the geology, oceanology and of the Earth.

2200 лет назад на рубеже вступления в новую эру перед наукой стоял выбор парадигмы описания Земли. В качестве парадигмы описания Земли рассматривали теорему Пифагора, обеспечивающую достоверное описание пространственных объектов на плоскости в трехмерном пространстве и теорию Евклида, обеспечивающую описание сферических объектов на плоскости в сферическом пространстве, зависимостью геометрического среднего. Платон, сравнивая роль работ Евклида и Пифагора в описании пространственного положения и размеров объектов на Земле, не знал, кому из них отдать предпочтение. Основой работ Пифагора являлась его теорема, которая устанавливала однозначную связь линейных отрезков на плоскости, которая была проста и легко проверялась на поверхности на небольших расстояниях. Основой работ Евклида являлись «Начала», включившие многое из того, что было создано его предшественниками, которые стали основой геометрии, как научной дисциплины, опирающейся на зависимость геометрического среднего.

Отсутствие у современников Евклида знаний о физических полях, их форме, свойствах и характера распространения затруднили понимание его постулат и аксиом. Именно поэтому в «споре» о достоверном описании поверхности Земли и ее строения, победили работы Пифагора, в которых можно использовать моно системы координат и эталонные меры, где время - искусственный параметр, в которых использование только малой части постулат Евклида, обеспечили точные плоскостные измерения. Этот выбор был жизненно обоснован, и, используя его, человечество достигло значительных успехов в становлении физических наук и изучении полей Земли.

Но за ошибки приходится и платить: мы «потеряли» источники двух основных полей Земли: инерции и гравитации, не знаем роль времени с позиции физики, не понимаем роли физических полей в процессе измерений пространства, выполняем все измерения с элементом неопределенности. **Роль аксиоматики Евклида, как основы системности научных знаний и метрологии измерений. в изучении Земли рассмотрена в начале этого века Конаревым Ф.М.**



Поэтому и четвертый постулат Евклида труден в «переводном понимании», он утверждает, что «все ортогональные углы одинаковы» - эти положения посчитали тривиальными и забыли.

Пятый постулат провозглашал условия параллельности прямых линий, споры о котором велись и в 20 веке. *Соединение в системе координат двух видов противоположностей обеспечили создание новой формы измерений – парной параллактической системы координат, которая позволяет обеспечить достоверные геометрически точные измерения в ПРОСТРАНСТВЕ, что не регламентировано в настоящее время ни в геометрии, ни в физике.*

Проективные построения сферических объектов в параллактической системе координат показаны: на рис.1 - в плоскостном отображении, на рис.2 - при пространственном проецировании положения точки. Парная проективная система координат Евклида - это не только система измерений, а и система взаимного обмена информацией, в которой все размеры отображаются на одной оси координат, а вторая ось координат (времени) служит только для выделения границ объектов.

Аксиомы Евклида однозначно указывают, что математические операции в параллактической системе координат носят аддитивный характер и являются относительными. Одновременно аксиомы указывают, что для измерений можно использовать любую линейную нормированную величину, отображенную на базе и осях координат. При этом Евклид ввел и единую меру описания времени и сферического пространства, используя для времени размер радиуса сферы и деление пространства на внутреннее и внешнее, в которых вычисления выполняются по зависимости геометрического среднего.

Аксиоматика Евклида заложила основы метрологии измерений сфер на основе сравнения, которые обеспечивают достоверное и точное измерение вещественных объектов в пространстве с помощью парной проективной системы координат, в которой отображение выполняется только по направлениям осей координат, поэтому и суммирование проекций образов в ней выполняются аддитивно. Именно поэтому Евклид и назвал свою книгу «Начало», в которой его аксиоматика обязательное условие выполнения измерений.

### **Выводы:**

1. Аксиоматический подход обеспечивает главный методологический принцип науки – это ее системность. Если наука системна, связана и едина во всем многообразии, она должна опираться на аксиоматическую базу.

2. Использование парной проективной системы координат обеспечивает достоверные с управляемой точностью акустические

измерения в среде с изменяемыми параметрами. Опорным значением в ней является не скорость распространения сигнала в среде, которая зависит от ряда влияющих факторов, а постоянство потенциалов на разных отстояниях образов объекта. Постоянство потенциалов образов объектов является физическим свойством полей, которое реализуется и доказывается только в парной проективной системе координат.

3. Первичные преобразователи оценивают только воздействие полей на свою поверхность, измеряя их приращения. Разность показаний двух преобразователей на базе характеризует градиент приращений при отсутствии влияния внешних помех, экстремальные значения которых соответствуют границам образа объекта. Последовательное суммирование градиента приращений в границах образа повышает разрешающую способность измерений, заданную мерным делением базы, обеспечивая разрешающую способность измерений, которая не достижима другими методами.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

- 1 Канарёв Ф.М. Начала физхимии микромира. Краснодар, 2002. 334с.
- 2 Гузевич С.Н. Условия достоверности навигационных измерений и геометризации их описания // Метрология № 2-2019, С.3-12.
- 3 Гузевич С.Н. Градиент – основной параметр навигационных измерений // Метрология № 3-2019, С.46-55.
- 4 Гузевич С.Н. Обеспечение достоверности навигационных измерений //В сборнике: Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. труды XV Всероссийской конференции. 2020. С. 586-589.
- 5 Гузевич С.Н. Условия достоверности навигационных измерений и геометризации их описания // «Авиакосмическое приборостроение» 2020 №4, С.15-24, и №12 С.35-45

## ПРОГРАММА ОТОБРАЖЕНИЯ СИГНАЛОВ ПИНГЕРА

**Носов А.В., Тихонова Н.Ф., Демидова Т.А.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН  
117997, Москва, Нахимовский проспект, д. 36, a\_v\_nos@mail.ru*

### PINGER SIGNAL DISPLAY PROGRAM

Nosov A.V., Tikhonova N.F., Demidova T.A.

*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Science  
36, Nahimovskiy prospect, Moscow, Russia, 117997, a\_v\_nos@mail.ru*

В работе приводится описание компьютерной программы, предназначенной для отображения сигналов пингера, прямого и отраженного от дна. Программа рассчитана на использование совместно с устройством синхронизации, обеспечивающим подготовку и оцифровку сигналов и вывода их в цифровом виде в управляющий компьютер.

The paper describes a computer program designed to display pinger signals, direct and reflected from the bottom. The program is designed to be used in conjunction with a synchronization device that provides preparation and digitization of signals and their digital output to the control computer.

Программа PINTOCH.exe (PINZAP.exe) отображения сигналов пингера предназначена для приема и визуализации данных, поступающих от устройства приема сигналов пингера. Программа использует аппаратную систему команд, согласованную с устройством, и для других приложений использована быть не может. Программа написана на языке DELPHI5 в системе WINDOWS XP. Никаких специальных требований к компьютеру по ресурсам и быстродействию не требует, достаточно наличия COM-порта или USB-RS232 конвертора.

Программа имеет трехстраничную структуру. Основная страница имеет поле, на которое выводится изображение сигналов пингера. Для цветовой кодировки используется линейная зависимость уровня почернения и амплитуды сигнала, всего 256 градаций серого. Обновление изображения производится один раз каждую секунду.

На рисунках отображены управляющие органы трех страниц программы.

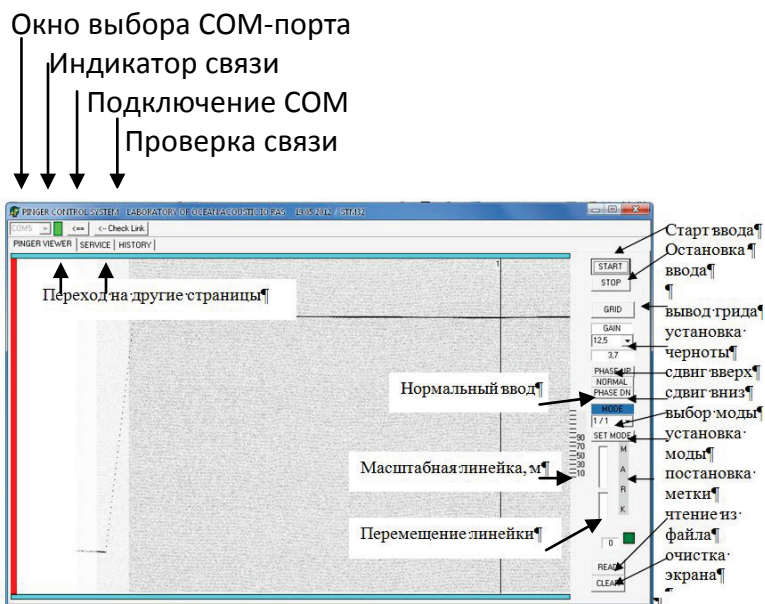


Рис.1 Главная страница, отображение сигналов пингера.

Работа с программой начинается с установления связи между компьютером и системой приема. Для этого выбирается COM-порт, нажимается кнопка подключения, затем кнопка проверки. При наличии связи индикатор меняет цвет между зеленым и красным при каждом успешном событии обмена между компьютером и устройством. Повторное нажатие кнопки подтверждения отключает выбранный порт и позволяет выбрать другой. Рекомендуется заранее уточнить наличие в компьютере COM-портов и выбирать порт, соответствующий реально подключенному.

После старта ввода сигналов раз в секунду производится сдвиг экрана в поле отображения влево на 1 пиксел и ввод в крайний правый столбик временного графика амплитуды принятого сигнала, закодированного градациями серого. Степень почернения программа берет из соответствующего окна, контролируемого оператором. Для обеспечения максимальной контрастности можно пользоваться



рекомендуемым значением, которое в качестве меры почернения приведет к тому, что максимальный сигнал будет самым черным, а остальные – максимально светлыми. Временная (вертикальная) развертка изображения составляет 1 сек., что соответствует примерно 1.5 км для однократного прохождения звукового сигнала и 750 м для двукратного (отраженного от дна).

Выбор моды позволяет увеличить временное разрешение изображения путем сокращения времени сбора данных в течение секунды и соответствующего увеличения частоты дискретизации. По умолчанию используется мода 1/1, что означает ввод и отображение сигнала в течение целой секунды. При моде 1/2 сигнал вводится только первую половину секунды и растягивается на весь экран, увеличивая разрешение. При моде 1/4 сигнал вводится только первую четверть секунды. Для установки моды надо ее выбрать в соответствующем окне и нажать кнопку «SET MODE». Перед выбором убедитесь, что сигнал расположен в верхней половине экрана при переходе от моды 1/1 к моде 1/2, и в верхней четверти при переходе от моды 1/1 к моде 1/4. Индикация моды производится красной вертикальной линией в левом углу экрана, ее длина соответствует интервалу ввода в течение 1 секунды.

Для удобства наблюдения за изображением, особенно при приближении к дну, можно переместить изображение выше или ниже по экрану. После нажатия соответствующей кнопки «PHASE» изображение начинает смещаться в соответствующую сторону автоматически. Возобновление нормального режима производится нажатием кнопки «NORMAL»

Для оценки расстояния от пингера до дна используется масштабная линейка. Она проградуирована для двукратного прохождения луча в метрах. Измеренное линейкой расстояние между верхним краем следа пингера и верхним краем изображения дна является оценкой расстояния от дна до пингера. Перемещение линейки по вертикали производится курсором сдвига линейки.

Кнопка постановки метки приводит к появлению в соответствующий момент вертикальной черной черты с соответствующим номером.

Вторая страница программы содержит инструменты настройки синхронизации, записи и воспроизведения. Синхронизация двухступенчатая. Аппаратная синхронизация задает период длительностью около 1 с, на основании которого в устройстве ввода устанавливается период следования циклов ввода

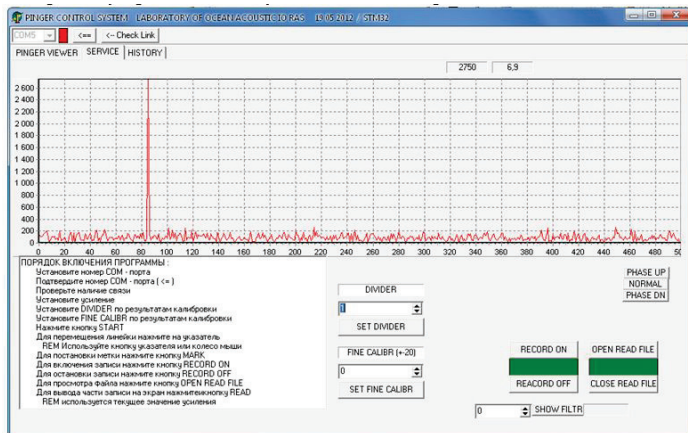


Рис.2. Страница синхронизации, записи и воспроизведения.

данных. Если точность аппаратной установки недостаточно, используется программная коррекция синхронизации, увеличивающая точность в 20 раз. Ее следует использовать после того, как определено значение делителя  $N$ , являющегося граничным между трендом следа пингера вверх вниз. Другими словами, при  $N$  след пингера смещается вверх, а при  $N-1$  след пингера смещается вниз. Величина программной коррекции устанавливает режим попеременного использования делителей  $N$  и  $N-1$ . Если установлен делитель  $N$ , следует задавать отрицательные значения программной синхронизации, корректируя тренд вниз, и наоборот. Значения параметров синхронизации необходимо подтверждать соответствующими кнопками.

Окно осциллографа служит для проверки качества сигналов и оценки их динамического диапазона. Рекомендуется следить за тем, чтобы максимальные значения сигнала не достигали величины 32700, при этом сигнал ограничивается и качество отображения снижается. При нормальных условиях работы сигнал пингера появляется примерно в одном месте, медленно смещаясь при погружении или подъеме прибора, значительно превосходя уровень шума по амплитуде.

Программа позволяет производить запись и воспроизведение результатов работы пингера. Метки воспроизводятся при проигрыве вместе с номерами. Уровень почернения при записи не регистрируется, при воспроизведении берется из соответствующего окна. Выбор имен файлов при записи и воспроизведении осуществляется из стандартных диалоговых окон. Кнопка "CLEAR" очищает окно отображения, кнопка

“READ” осуществляет вывод на экран 50 очередных последовательных реализаций введенных сигналов, вплоть до конца файла. Повторный просмотр или просмотр другого файла требует предварительного закрытия уже открытого.

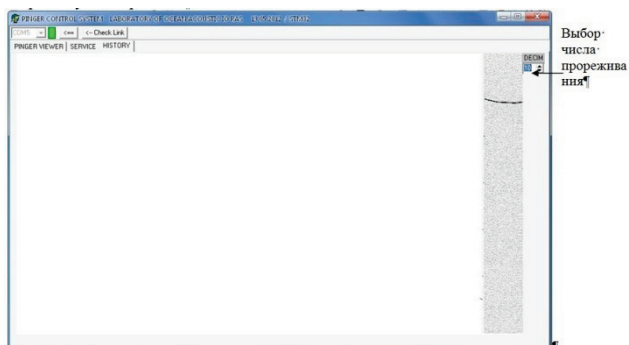


Рис. 3. Страница истории процесса.

Третья страница программы служит для отображения всего процесса приближения ко дну в реальном времени на одном экране. На этой странице отображаются те же данные, что и на главной, но сдвиг картинки влево производится не раз в секунду, а раз в несколько секунд. Величина прореживания задается в правом верхнем углу страницы. По умолчанию выводится каждый десятый цикл ввода, эту величину можно менять в диапазоне 5 – 50.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (тема № 0128-2021-0010, а также при поддержке РФФИ (проект № 18-05-60070 «Арктика», проект № 20-05-00384)

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Носов А.В., Демидова Т.А., Тихонова Н.Ф. Системы пингерного контроля глубоководных приборов относительно дна. // Сборник трудов XVI Международной конференции МСОИ 2019. (Современные методы и средства океанологических исследований): Том II, Институт океанологии РАН – Москва, 2019. С.158-162.стр
2. Носов А.В., Демидова Т.А., Тихонова Н.Ф., Юрицын В.В. Развитие аппаратуры для обслуживания пингеров. // Сборник трудов XIII Международной конференции МСОИ 2013. (Современные методы и средства океанологических исследований): Том I, Институт океанологии РАН – Москва, 2013. С.162-166.

## АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

<b>А</b>		<b>З</b>	
Алексеев И.Н.	238	Забавников В.Б.	35
Андреев М.В.	15	Залота А.К.	207
Анисимов И.М.	91, 228	Зацепин А.Г.	19, 69, 84
<b>Б</b>		<b>И</b>	
Бакай Ю.И.	183	Иванов В.В.	22
Басин А.Б.	228	Иванова Е.А.	247
Беликов Р.А.	225	Илюхина А.А.	143
Белоконь З.С.	15	<b>К</b>	
Букша А.Ю.	165	Каевицер В.И.	152
Бычик Р. В.	160	Казеннов А.Ю.	238
<b>В</b>		Калинин Я.В.	95
Василец П.М.	15	Карабашев Г.С.	243
Васильев Н.В.	75	Кикнадзе О.Е.	238
Веденин А.А.	231	Коваленко В.В.	11, 55
Вельтищев В.В.	143, 165	Ковчин И. С.	50
Ветюгов Н.С.	116, 120, 169	Колесников А.В.	175
Вязилов А.Е.	262	Колпаков В.И.	143
Вязилов Е.Д.	258	Комаров В.С.	124
Вязилова Н.А.	262	Кондрашов А.А.	84
<b>Г</b>		Коршенко А.Н.	180
Гавриков А.М.	139	Косянчук С.И.	79
Галкин С.В.	207	Кочетов О.Ю	65, 69, 84
Гамазов Н.И.	139	Кривцов А.П.	152
Ганжа О.Ю.	62	Крылов А.А	62
Глазов Д.М.	180	Кубряков А.А.	19
Горлов А.А.	132, 135	Кубряков А.И.	19
Григорьев А.В.	19	Кузнецов М.Ю.	221
Гузевич С.Н.	266	Кузьмин В.Ю.	228
Гулин М.Б.	251	Куценко А. С.	148
<b>Д</b>		<b>Л</b>	
Даньшина А.В.	22	Либина Н.В.	31
Демидова Т.А.	126, 130, 271	Липавский А.С.	65
Джалилов А.Г.	191	Лужняк О.	187
Дроздов А. Е.	50	<b>М</b>	
Дунчевская С.В.	175	Макеева И.Н.	199
<b>Е</b>		Мастрюков С.И.	11
Евдочук Д.Д.	173	Махров В.П.	89
Егоров С. А.	148, 156, 160	Мельников В.А.	27
Елкин А.В.	116, 173	Михеев А.С.	258
Ершова А.А.	199	Муравья В.О.	91
		Мысливец И.В.	84

<b>Н</b>		<b>Т</b>	
Нгуен Ву Тхань	254	Таганова М.М.	225
Нгуен Динь Ты	254	Татаренко Ю.А.	199
Нересов Б.А.	99, 101	Телегин В.А.	11
Никитин О.П.	27	Терский П.Н.	180
Новиков Ю.В.	38	Тихонова Н.Ф.	59, 126, 130, 271
Носов А.В.	59, 126, 130, 271	Толпин В.А.	15
<b>О</b>		Торопов М.Н.	76
Оленин А.Л.	234,236	Тронза С.Н.	91, 228
Орехова Н.А.	195	<b>У</b>	
Орлов М.А.	165	Убарчук И.А.	221
Островский А.Г.	69, 84, 211	Удалов А.А.	207, 228, 231
<b>П</b>		Устинова Е.И.	42
Павлова Е.А.	46, 82	<b>Ф</b>	
Педченко А.П.	216	Филатов В.Н	42
Погожева М.П.	180	<b>Х</b>	
Прибылов Ю.С.	79	Ханке Г.	180
Проконич А.В.	82	Худайдатова Р.Р.	169, 173
Пронин А.А.	207, 228, 238	<b>Ч</b>	
Пырков В.Н.	15	Чава А.И.	231
Пыркова О.А.	15	Чернышев В.В.	95
<b>Р</b>		Чесунов А.В.	254
Римский-Корсаков Н.А.	99,101,238	<b>Ш</b>	
Рогинский К.А.	62	Шаповал К.О.	19
Розман Б.Я.	120, 169	Шаронов Н.Г.	95
Ромашко А. С.	148, 156, 160	Шатравин А.В.	225
<b>С</b>		Швоев Д.А.	69, 84, 211
Сагалевиц А.М.	104	Шевцов В.И.	221
Самко Е.В.	38	<b>Э</b>	
Самышев Э.З.	203	Элбакидзе А.В.	152
Сарвира Д.В.	165	<b>Ю</b>	
Селиванов А.С.	75	Юрьев А.И.	89
Селифонова Ж.П.	203	<b>Я</b>	
Семашкин О.И.	79	Якушев Е.В.	180
Сергеев В.В.	79	Ясакова О.Н.	187
Симаков М.И.	227	Яхонтов Б.О.	108, 112
Смирнов А.В.	22		
Смирнов И.А.	116, 120		
Смолянинов И.В.	152		
Соловьев В.А.	211		
Ставров К.Г.	46		
Степанов В.В.	46		

*Научное издание*  
*Сборник*

ISBN 978-5-6045110-2-2.

DOI: 10.29006/978-5-6045110-2-2

«Современные методы и средства океанологических исследований»  
(МСОИ-2021)

Материалы XVII Международной научно-технической конференции.

Том II.

Москва, Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН, 2021. – 278 с.

Тираж 50 экз.

**ISBN 978-5-6045110-2-2.**

ISBN 978-5-6045110-2-2



9 785604 511022



