

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ИНСТИТУТ ОКЕАНОЛОГИИ им. П.П. Ширшова РАН
МГТУ им. Н.Э.Баумана**

ХIII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ



«СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ» (МСОИ-2013)

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Том II

МОСКВА 2013

УДК 551.46.07

ББК 26.221

М 34

М 34 **Современные методы и средства океанологических исследований: Материалы XIII Международной научно-технической конференции «МСОИ-2013».** – М. : АПР, 2013. – ISBN 978-5-904761-35-6
Т. 2. – 2013 – 324 с.
ISBN 978-5-904761-38-7

В настоящем издании представлены доклады ученых-океанологов, инженеров, аспирантов и студентов, посвященных разработке и эксплуатации технических средств и методов исследования и освоения Мирового океана.

В томе I представлены методы гидрофизических исследований океана, измерительные приборы и комплексы, приборы и технологии ресурсных геолого-геофизических исследований в океане, доклады, посвященные проектированию и эксплуатации подводных аппаратов и роботов, созданию элементной базы подводных технических средств.

This publication presents the reports of scientists, oceanographers, engineers, and students dedicated to the creation and operation of technical means and methods of research and exploration of the oceans.

Volume I considered hydrophysical underwater instrumentation and systems, methods of sensing technology, geological and geophysical studies in the ocean resource, reports on the design and operation of underwater vehicles and robots, the element base of underwater technology.

УДК 551.46.07

ББК 26.221

Конференция проводится при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 13-05-06005), Отделения наук о Земле РАН, МГТУ им.Н.Э.Баумана.

Авторы-составители: д.т.н. Римский-Корсаков Н.А., к.т.н. Зарецкий А.В.

Все доклады публикуются в авторской редакции.

ISBN 978-5-904761-38-7 (т. 2)

ISBN 978-5-904761-35-6

© ИО РАН 2013

НАУЧНЫЙ КОМИТЕТ «МСОИ-2013»

- | | | |
|-----|------------------------------|---|
| 1. | Лаверов Н.П. | академик, вице-президент РАН, председатель |
| 2. | Нигматулин Р.И. | академик РАН, директор ИО РАН, сопредседатель |
| 3. | Римский-Корсаков Н.А. | д.т.н., заместитель директора по морской технике ИО РАН, сопредседатель |
| 4. | Смирнов Г.В. | академик РАН, зав. лабораторией ИО РАН, сопредседатель |
| 5. | Жмур В.В. | д.ф.-м.н., нач. управления РФФИ, сопредседатель |
| 6. | Зарецкий А.В. | к.т.н., вед.н.с., ИО РАН, ученый секретарь |
| 7. | Сагалеви́ч А.М. | д.т.н., зав. лаб. ИО РАН, герой России |
| 8. | Студенецкий А.С. | заведующий отделом Министерства образования и науки РФ |
| 9. | Иванов В.А. | академик НАНУ, директор Морского гидрофизического института (Украина) |
| 10. | Палазов Атанас | директор Института океанологии БАН (Болгария) |
| 11. | Алексеев А.В. | чл.-корр. РАН, гл.н.с., ИО РАН |
| 12. | Добролюбов С.А. | чл.-корр. РАН, зам декана географического факультета МГУ |
| 13. | Нерсесов Б.А. | д.т.н., гл.н.с., ИО РАН |
| 14. | Владимиров М.В. | д.г.-м.н., зам.нач. департамента МЧС РФ |
| 15. | Корчагин Н.Н. | д.ф.-м.н., гл.н.с., ИО РАН |
| 16. | Вязилов Е.Д. | д.т.н., зав. лаб. ЦОД ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» Росгидромета |
| 17. | Вельтищев В.В. | к.т.н., зав. кафедрой МГТУ им. Н.Э.Баумана |
| 18. | Суконкин С.Я. | к.т.н., директор ОКБ ОТ РАН |
| 19. | Егоров А.В. | к.г.-м.н., зав. лабораторией нефтегазонасности ИО РАН |
| 20. | Свиридов С.А. | зав. отделом инф. технологий ИО РАН |
| 21. | Покрышкин А.А. | к.т.н., заместитель директора ИО РАН |
| 22. | Куренков Г.И. | к.б.н., с.н.с. ИО РАН |

ОРГКОМИТЕТ «МСОИ-2013»

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|---|
| 1. | Римский-Корсаков Н.А. | председатель, д.т.н., зам. директора ИО РАН |
| 2. | Смирнов Г.В. | сопредседатель, академик РАН, зав. лаб. ИО РАН |
| 3. | Зарецкий А.В. | ученый секретарь, к.т.н., вед.н.с. ИО РАН |
| Члены оргкомитета: | | |
| 4. | Родионов А.А. | д.т.н., директор СПб филиала ИО РАН |
| 5. | Чубаренко Б.В. | к.ф.-м.н, заместитель директора АО ИО РАН |
| 6. | Метальников А.А. | ст.н.с, к.ф.-м.н. ИО РАН |
| 7. | Смирнов А.В. | к.т.н., ученый секретарь НИИСМ МГТУ им. Н.Э.Баумана |
| 8. | Панов В.А. | зам. директора ИО РАН |
| 9. | Оленин А.Л. | к.т.н., вед. инженер ИО РАН |
| 10. | Скалацкий О.Н. | к.т.н., помощник директора ЮО ИО РАН |
| 11. | Карабашева Э.И. | научн.с. ИО РАН |
| 12. | Белевитнев Я.И. | инженер ИО РАН |
| 13. | Куликова Т.А. | секретарь конференции |

Координационная рабочая группа:

Науч. сотр. Тихонова Н.Ф., вед. инж. Водяная Е.Г., ст. инж. Ёлкина М.М., вед. инж. Соколов А.А., вед. инж. Молчанов Б.В., вед. инж. Марин В.М.

СОДЕРЖАНИЕ

IV. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Центр данных ЕСИМО НКОЦ РАН

Соловьев В.А., Свиридов С.А., Зарецкий А.В., Метальников А.А. 14

Программный комплекс по ведению массива данных о социально-экономических условиях в прибрежных регионах РФ

Новиков Ю.В., Соловьев В.А., Зарецкий А.В., Метальников А.А. 20

Методы и средства оптимизации использования данных и метаданных в распределенной информационной системе на примере ЕСИМО

Кобелев А.Е. 22

Базовые информационные технологии Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН

*Свиридов С.А., Зарецкий А.В., Соловьев В.А., Метальников А.А.,
Покрышкин А.А., Новиков Ю.В., Попов А.П. 26*

Ресурсы и сервисы ЕСИМО для комплексного информационного обеспечения пользователей

Вязилов Е.Д., Михайлов Н.Н., Мельников Д.А. 33

ЕСИМО как элемент единого информационного пространства

Гасников О.А., Ставров К.Г. 37

Создание информационного ресурса по гайотам Магеллановых гор Тихого океана на основе универсальных технологий хранения геолого-геофизических данных

*Жулёва Е.В., Рашидов В.А., Метальников А.А., Акманова Д.Р.,
Чесалова Е.И. 40*

Сетевая ГИС для анализа пространственно-временной информации об обстановке в мировом океане – ГИС ГеоЕСИМО

Гитис В.Г., Вайншток А.П., Дерендяев А.Б., Михайлов Н.Н. 45

Универсальный веб-портал для сбора и хранения океанологических данных

Метальников А.А. 49

Технология создания системы оперативного мониторинга нефтяных загрязнений морской поверхности

Нагорнюк К.Е. 53

Информационная система Института океанологии
им. П. П. Ширшова РАН

<i>Свиридов С.А., Покрышкин А.А. (старший)</i>	<i>54</i>
Как пройти по минному полю «океан информации» в океанологии и без потерь выйти на другую сторону	
<i>Балак С.С., Чернова А.В.</i>	<i>58</i>

V. МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ПОДВОДНЫХ РАБОТ И РЕАЛИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ ПРОЕКТОВ

Анализ критериев выбора порога селекции полезного сигнала на фоне технических помех	
<i>Нерсесов Б.А., Афанасьев М.С., Карабашева Э.И.</i>	<i>60</i>
Оценка эффективности обнаружения подводного объекта в терминах статистического расхождения альтернативных гипотез	
<i>Нерсесов Б.А., Афанасьев М.С., Карабашева Э.И.</i>	<i>62</i>
Выбор статистического критерия оптимального приема сигналов	
<i>Афанасьев М.С.</i>	<i>65</i>
Метод определения оптимальной длины троса буксируемого магнитометра	
<i>Нерсесов Б.А., Афанасьев М.С.</i>	<i>68</i>
Образовательная программа «Освоение океана»	
<i>Красносельский С.А.</i>	<i>70</i>
Построение видеомозаики на основе слабоконтрастных изображений донной поверхности	
<i>Кропотов А.Н., Макашов А.А., Сахарова Е.И., Плясунов В.М.</i>	<i>73</i>
Автономная система океанологических исследований на базе возобновляемой энергии	
<i>Горлов А.А.</i>	<i>76</i>
Автономные средства океанологических исследований на базе волновой энергии	
<i>Горлов А.А., Серых В.Я.</i>	<i>82</i>
Автономные средства океанологических исследований на базе тепловой энергии	
<i>Горлов А.А., Серых В.Я.</i>	<i>87</i>

Обнаружение и слежение за глубоководными вихрями из космоса <i>Скляров В.Е.</i>	93
Обработка измерений гиперспектрорадиометра ASD для верификации спутниковых оценок биопараметров океана <i>Алексанин А.И., Качур В.А., Салюк П.А.</i>	96
Разработка проекта единой системы нормативных документов для необитаемых подводных аппаратов <i>Рогожников А.В., Савенкова В.В., Шавырин И.А.</i>	100
Бесконтактный таргет для обучения морских млекопитающих <i>Баранов В. С., Агафонов А. В., Чернецкий А. Д.</i>	103
Океанологический глайдер <i>Комаров В.С.</i>	105
Твёрдотопливный генератор энергии для океанологических автономных аппаратов <i>Комаров В.С.</i>	109
Идентификация частиц взвеси и устройства распознавания <i>Игумнова Д.А.</i>	114
Особенности навигационного обеспечения подводных археологических исследований <i>Сычев В.А.</i>	120
Поиск и идентификация поддонных археологических объектов гидроакустическими средствами <i>Сычев В.А.</i>	123
Региональные и технические аспекты подводных археологических исследований <i>Сычев В.А., Фазлуллин С.М., Дунчевская С.В.</i>	127
Симуляторы виртуальной реальности для океанологических приложений <i>Сычев В.А.</i>	131
Применение радиоуправляемых авиамоделей самолетного типа для воздушной видео и фотосъемки прибрежных китообразных <i>Беликов Р.А., Белькович В.М.</i>	134

VI. ВОДОЛАЗНАЯ ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Гипербарические технологии океанологических исследований <i>Яхонтов Б.О.</i>	138
Система контроля состояния водолазов и управления параметрами среды в барокамере <i>Яхонтов Б.О., Куренков Г.И.</i>	142
Эффекты действия факторов гипербарической среды на организм водолаза <i>Яхонтов Б.О.</i>	146
Водолазные мобильные комплексы на глубины до 100 м <i>Крымцев О.А.</i>	150

VII. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА МОРСКИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Математическая модель трансформации соединений биогенных элементов в экосистеме Вислинского залива Балтийского моря <i>Подгорный К.А.</i>	154
Оценка величин продукции, метаболических выделений и смертности планктонных организмов в водах Невской губы Финского залива по данным математического моделирования <i>Подгорный К.А., Леонов А.В.</i>	158
Перспективы внедрения технологий аэрокосмического мониторинга для обеспечения экологической безопасности Каспийского моря <i>Джамбеков А.М.</i>	162
Оценка многолетней изменчивости углеродного цикла <i>Никитин Г.А.</i>	164
Развитие фитопланктона в открытой северо-восточной части Черного моря в весенне-летний период 2008 г. <i>Ясакова О.Н.</i>	167
Современное состояние фитопланктона Новороссийского порта в условиях антропогенного эвтрофирования вод <i>Ясакова О.Н., Часовников В.К.</i>	171

Автоматический биомониторинг для раннего обнаружения отравляющих загрязнений пресных и морских вод <i>Гайский В.А., Гайский П.В., Трусевич В.В.</i>	175
Новые походы к комплексному мониторингу условий среды в промысловых районах Мирового океана на базе доступных программно-технических средств <i>Архипов В.И., Бурыкин С.Н., Маслянкин Г.Е., Мышерин А.В., Полищук И.А.</i>	178
Автоматизация определения вероятного распределения промысловых рыб на основе комплексного анализа и прогноза параметров среды <i>Архипов В.И., Бурыкин С.Н., Маслянкин Г.Е., Мышерин А.В., Полищук И.А.</i>	181
О выделении зон влияния подводных работ на морском шельфе на планктон <i>Новиков М.А.</i>	185
Мониторинг ихтиопланктона акваторий курортных городов северо- восточного шельфа Черного моря <i>Селифонова Ж.П.</i>	189
Оценка экологического статуса Севастопольской бухты (Черное море) <i>Моисеенко О.Г., Коновалов С.К., Орехова Н.А.</i>	193
Оценка методов для определения органического углерода в морских донных отложениях прибрежных районов <i>Моисеенко О.Г., Орехова Н.А.</i>	197
Основы формирования раздела «Вулканы» нового Экологического атласа России <i>Жулёва Е.В., Игнатов Е.И.</i>	201
Высокоэффективный анализ питательных веществ в морской воде <i>Lauran Plevier</i>	205
Новый способ отбора проб воды <i>Авилов В.И.</i>	206
Исследование экологического состояния морских прибрежных вод г. Владивостока <i>Ермолицкая М.З.</i>	211

Использование данных космической поляризационной радиолокации в целях детектирования нефтяных загрязнений на морской поверхности <i>Синёва А.А.</i>	215
Авиакосмический экологический мониторинг рыбопромысловых районов Баренцева моря при добыче и транспортировке углеводородного сырья <i>Забавников В.Б.</i>	219
Опыт эксплуатации системы геодинамического мониторинга на нефтегазовом месторождении им. Ю. Корчагина (Северный Каспий) <i>Ковачев С.А., Лобковский Л.И., Горбунов О.Н., Крылов А.А.</i>	223
«Портрет загрязнения»: комплексный подход к диагнозу и оценке загрязнения морской среды <i>Есина О.И., Попова Н.В., Татарников В.О., Радованова И.Г., Чернышова Н.С., Суслов А.В.</i>	227
Многокритериальная оценка загрязнения морских акваторий, находящихся в хозяйственном пользовании <i>Монахов С.К., Монахова Г.А.</i>	231
 VIII. ДОКЛАДЫ, НЕ ВОШЕДШИЕ В ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ	
Спектральные характеристики зоопланктона <i>Анисимова Л.А., Соколова А.М., Мельникова В.А.</i>	237
Судовой лидар для мониторинга морских гидробионтов <i>Гольдин Ю.А., Черноок В.И., Гуреев Б.А., Васильев А.Н.</i>	242
Исследования водных масс арктических морей с помощью отрывных зондирующих систем <i>Моисеев Д.В., Бобров К.А.</i>	246
Метод количественной оценки величины тепло- и водообмена между шельфом и открытым морем по SST-информации <i>Чубаренко И.П., Степанова Н.Б., Есюкова Е.Е.</i>	249
Особенности разномасштабных гидрофизических измерений <i>Мельников В.А.</i>	252
Исследование алгоритма обработки отраженного сигнала высокоточного радиовысотомера Садко <i>Зуева А.Н., Плешаков Д.И., Римский-Корсаков Н.А.</i>	256

Научно-технологические проблемы создания и применения систем
стайной робототехники исследовательского и специального назначения
(обзор)

*Арсентьев В.Г., Бубин А.Р., Бурдун И.Е., Коваленко В.В.,
Криволатов Г.И.* 258

Методики профессиональных водолазных спусков в автономном
режиме

Черкашин С.В. 262

Измерение волнения и уровня моря в прибрежной зоне надводным
акустическим методом

Ковчин И.С., Ковчин М.И., Степанюк А.И. 266

Погрешности метода фазово-равновесной дегазации при определении
концентрации метана в воде

Егоров А.В., Ковалева Е.С. 269

Обзор средств автономной синхронизации времени для АНПА

Куценко А.С., Егоров С.А. 273

Программный комплекс для управления телеуправляемым подводным
аппаратом

*Куценко А.С., Егоров С.А., Молчанов А.В., Черненко К.В.,
Пелипенко И.И., Иноземцев В.В.* 277

Особенности расчета статики подводной буксируемой системы на
разных этапах проектирования и отработки

Черненко К.В., Егоров С.А. 281

Подспутниковый гидрофизический эксперимент в Белом море

*Зимин А.В., Родионов А.А., Жегулин Г.В., Романенков Д.А.,
Козлов И.Е., Мясоедов А.Г., Атаджанова О.А.* 283

Разработка базовых элементов нового поколения многоцелевых
автономных в том числе донных океанологических станций

Лискин В.А., Егоров А.В., Лежнин В.А., Пронин А.А. 286

Подход к разработке и созданию модифицируемых донных станций

Лискин В.А., Егоров А.В., Лежнин В.А. 288

Технико-методические аспекты разработки автономного
океанологического комплекса для ресурсного и экологического
мониторинга акваторий

Егоров А.В., Римский-Корсаков Н.А., Лискин В.А. 290

Негерметичные контейнеры для транспорта глубоководных газовых гидратов на поверхность <i>Егоров А.В., Римский-Корсаков Н.А., Рожков А.Н.</i>	294
Линейка Лендеров ИО РАН <i>Егоров А.В., Римский-Корсаков Н.А., Лискин В.П.</i>	298
История развития телеуправляемого микроробота ГНОМ <i>Ёлкин А.В., Комаров В.С., Розман Б.Я.</i>	303
Поверхностные волны, генерируемые при обтекании препятствий двухслойным потоком конечной глубины <i>Владимиров И.Ю., Корчагин Н.Н., Савин А.С.</i>	314
Авторский указатель.....	321

ДОКЛАДЫ

IV. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

УДК 551.46.06

ЦЕНТР ДАННЫХ ЕСИМО НКОЦ РАН

Соловьев В.А., Свиридов С.А., Зарецкий А.В., Метальников А.А.

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН
Нахимовский проп., 36, 117997, Москва
8(495) 719-00-35, e-mail: zaretsky@ocean.ru, Web: http://ocean.ru*

The Center «ЕСИМО» of the Russian Academy of Sciences

В рамках реализации мероприятий подпрограммы “Создание единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане” (ЕСИМО) Федеральной целевой программы "Мировой океан" в 2006 г. создан Центр ЕСИМО Российской академии наук в рамках Научно-координационного центра океанологического центра (НКОЦ) РАН при Институте океанологии им. П.П. Ширшова совместно с Министерством экономического развития и торговли Российской Федерации.

Согласно концепции ЕСИМО [1] основная цель этой программы состоит в реализации государственной политики в части управления информационными ресурсами об обстановке в Мировом океане, повышения эффективности деятельности по изучению Мирового океана и использования его ресурсов путем осуществления комплексного и полноценного информационного обеспечения морской деятельности.

Основными поставщиками информационных ресурсов в единую систему являются центры ЕСИМО. Одним из таких центров является Центр ЕСИМО НКОЦ РАН/Минэкономразвития РФ (далее Центр ЕСИМО РАН) созданный на базе Отдела информационных технологий ИО РАН.

Основной задачей Центра является разработка информационных технологий для обеспечения базовой инфраструктуры ЕСИМО.

Базовые информационные технологии Центра ЕСИМО РАН следующие:

- технология информационной поддержки научных исследований Мирового океана;
- технология формирования и ведения массива данных о социально-экономических условиях морской деятельности и развития прибрежных территорий РФ;

– создание и поддержка раздела Электронного морского Атласа ЕСИМО.

1. Технология информационной поддержки научных исследований Мирового океана

Технология информационной поддержки включает в себя следующие компоненты:

- технология сбора, обработки оперативных океанологических данных с буев и придонных станций по каналам связи и накопления их в базе данных комплексной океанологической информации;
- технология формирования и ведения комплексной базы данных экспедиций НИС РАН;
- технология формирования и ведения массива данных об экспедиционной деятельности РАН;
- технология формирования и ведения массивов информации по результатам научных исследований РАН по изучению Мирового океана за 1999–2012 гг. по программе «Мировой океан»;
- технология взаимодействия ЕСИМО с аппаратно-программными комплексами научно-исследовательских судов и подводного оборудования.

1.1. Технология сбора, обработки оперативных океанологических данных с буев и придонных станций по каналам связи и накопления их в базе данных комплексной океанологической информации

Разработка технологии сбора, обработки оперативных океанологических данных со стационарного долговременного подводного оборудования в режиме реального времени ведется в ИО РАН, начиная с 2004 г. на примере стационарного берегового комплекса (СБК), предназначенного для непрерывного измерения гидрофизических параметров прибрежной акватории на базе ЮО ИО РАН (г. Геленджик) и передачи их в реальном времени по сети Интернет-потребителям [2].

СБК по структуре является территориально-распределенным. Он состоит из одной или более подводных обсерваторий с измерительным оборудованием, коммуникационного узла, территориального центра обработки информации и главного центра хранения и обработки данных. Элементы комплекса соединены защищенными каналами связи. Вся информация собирается и обрабатывается в главном центре (ИО РАН, Москва) в хранилище исследовательских данных по океанологии OceanDB [3].

1.2. Технология формирования и ведения комплексной базы данных экспедиций НИС РАН

Комплексная база данных экспедиций содержит океанологическую информацию, полученную в результате многолетних морских измерений на НИС ИО РАН. Данные заносятся в Хранилище ***OceanDB*** по отчетным материалам экспедиций. Хранилище построено на основе СУБД ***Oracle*** и использует для описания данных язык ***OceanML***. Хранилище обеспечивает прием и обработку физических, химических, биологических, метеорологических, геофизических и др. параметров.

WEB-приложение находится по адресу: <http://ias.ocean.ru/esimo/>.

1.3. Технология формирования и ведения массива данных об экспедиционной деятельности РАН

Данных об экспедициях фиксируются в Хранилище ***OceanDB***, а также заносятся в распределенную базу данных (СРБД) ЕСИМО. В описание экспедиции включены основные характеристики самой экспедиции (организация, руководитель, корабль, район и др.), а также информация о научном составе, проводимых работах и описания полученных научных данных.

WEB-приложение находится по адресу: <http://ias.ocean.ru/esimo/>.

1.4. Технология формирования и ведения массивов информации по результатам научных исследований РАН по изучению Мирового океана

Технология предназначена для решения задач информационного обеспечения и представления в глобальной сети Интернет результатов деятельности управляющих и координирующих организаций, а также организаций-исполнителей, по темам подпрограммы «Исследование природы Мирового океана» Федеральной целевой программы «Мировой океан» и включает в себя:

- базу данных результатов выполнения НИР (БД НИР), полученных в ходе реализации подпрограммы “Исследование природы Мирового океана” ФЦП “Мировой океан” за 1999–2012 годы, других научных материалов и автономное программное приложение (АПП) работы с ней;

- АРМ «Исследователь» для обеспечения удаленного доступа к базе научных данных и другой информации об океане, содержащейся в ЕСИМО.

АПП БД НИР представляет собой программный интерфейс в виде WEB-приложения. HTTP адрес приложения: <http://fcp.ocean.ru/>.

1.5. Технология взаимодействия ЕСИМО с аппаратно-программными комплексами научно-исследовательских судов и подводного оборудования

Для реализации этой технологии разработано программное обеспечение информационно-коммуникационного комплекса информационного взаимодействия ЕСИМО с аппаратно-программным комплексом (АПК) научно-исследовательских судов (ИККВ-НИС) [4].

В состав АПК может входить судовое навигационное оборудование и приборы, гидрометеорологические станции, измерительное оборудование опускаемых, буксируемых, телеуправляемых аппаратов, автономных стационарных и подвижных платформ и др. ИККВ-НИС осуществляет передачу информации в реальном масштабе времени с НИС в назначенные центры ЕСИМО, а также передачу информации из СРБД ЕСИМО на НИС по спутниковым или другим доступным каналам связи. Программное обеспечение предоставляет возможность осуществлять обмен метеорологическими, гидрологическими, гидрофизическими, гидрохимическими, гидробиологическими и геолого-геофизическими данными.

Программное обеспечение, размещаемое на НИС, включает в себя следующие компоненты:

- АПК «Датчик» состоящий из измерительного оборудования и АПК для получения данных от этого измерительного оборудования и отправки их в судовую сеть по протоколу ТСР;

- компонента «Импортёр данных», предназначенный для чтения данных с портов ТСР;

- компонента «Обмен данными – НИС» – для передачи данных от НИС в центр ЕСИМО по каналам спутниковой связи, включая широкополосное спутниковое вещание;

- база данных «Экспедиция», предназначенная для интеграции и структурированного хранения данных от различного измерительного оборудования на НИС, хранения справочников и метаданных, обработки данных.

Программное обеспечение, размещаемое в центре ЕСИМО, включает в себя следующие компоненты:

- компонента приема и загрузки данных, предназначенная для прямого приема информации от компоненты «Обмен данными – НИС» и мониторинга процессов обмена со стороны центра ЕСИМО, автоматизированной загрузки данных из транспортных файлов NetCDF в базу данных «Экспедиции-Центр ЕСИМО»;

– база данных «Экспедиции-Центр ЕСИМО», предназначенная для хранения оперативной информации, получаемой от НИС во время рейса, а также полного объема данных после завершения экспедиции. Обеспечивается возможность экспорта данных из БД «Экспедиции-Центр ЕСИМО» по заданным пользователем критериям. Данные отображаются в реальном масштабе времени через WEB-интерфейс по адресу <http://ias.ocean.ru/gis/>.

Действующий образец ИККВ-НИС протестирован в ходе экспедиции НИС «Академик Иоффе» в 2010 г.

2. Технология формирования и ведения массива данных о социально-экономических условиях (СЭУ) морской деятельности и развития прибрежных территорий страны, нормативных правовых актах РФ, Минэкономразвития России, регулирующих социально-экономические аспекты морской деятельности

Основными задачами технологии являются создание и внедрение видовых программных комплексов информационного обеспечения морской деятельности (АРМов пользователей ЕСИМО), специализированных по прикладным задачам в соответствии с установленной ответственностью федеральных органов исполнительной власти и РАН в области морской деятельности.

Технология включает в себя:

- базу данных статистической информации о социально-экономических условиях морской деятельности начиная с 1990 г.;
- автономное приложение для ведения базы СЭУ;
- профиль аналитического комплекса, реализующий представления информации из базы данных СЭУ;
- базу данных по нормативно-правовой информации в области морской деятельности РФ.

Основными источниками данных являются материалы, предоставляемые ГМЦ Росстата РФ и Советом по изучению производительных сил (СОПС). ГМЦ Росстата предоставляет информацию по социально-экономическим параметрам в морских регионах РФ, а СОПС нормативно-правовые акты в области морской деятельности РФ.

Информация предоставляется по 35 социально-экономическим показателям развития в 21 морском регионе РФ [5].

Доступ к базе данных по СЭУ и Аналитическому комплексу осуществляется по через WEB-интерфейс по адресу www.economy.ocean.ru.

3. Создание и поддержка раздела Электронного морского Атласа (ЭМА) ЕСИМО

В рамках проекта формируется раздел Электронного морского Атласа ЕСИМО, основанный на ГИС технологиях.

Созданные в Центре ГИС-проекты для ЭМА ЕСИМО включают следующие тематические электронные слои:

- карта условий газогидратоносности арктических морей России: Западно-арктические акватории;
- карта условий газогидратоносности арктических морей России: Восточно-арктические акватории;
- карта расположения основных зон нефтегазонакопления Каспийского моря;
- карта расположений нефтяных и газовых месторождений и перспективных структур Каспийского моря;
- карта рельефа акустического фундамента Японского моря;
- геоэкологическая карта шельфа и берегов Карского и Баренцева морей;
- карта расположения железо-марганцевых конкреций в Мировом океане;
- структурно-тектоническая схема северо-западной части Каспийского региона;
- геологическая карта Атлантического океана;
- геологическая карта Индийского океана.

ГИС-проект разработан в операционной системе Windows и ГИС ArcGIS 9.3.

Центр ЕСИМО НКОЦ РАН успешно прошел опытные испытания и принят в постоянную эксплуатацию.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Официальный сайт ЕСИМО. <http://www.esimo.net/>
2. **Свиридов С. А.** Стационарный комплекс для долговременных измерений океанологических параметров в реальном масштабе времени / Свиридов С. А., Пальшин Н. А., Соловьев В. А., Зарецкий А. В., Метальников А. А. // Океанология. – 2010. – Т.50. – № 1. – С. 151–160.
3. **Метальников А. А.** Хранилище комплексных океанологических данных/ Метальников А. А., Осипенко М. В., Свиридов С. А. и др. // Океанология. – 2005. – Т. 45. № 4. С. 103–112.
4. **Соловьев В.А., Зарецкий А.В., Метальников А.А., Свиридов С.А.** Технология информационного взаимодействия ЕСИМО с аппаратно-программными комплексами научно-исследовательских судов и подводного оборудования. // Материалы Четвертой Всероссийской на-

учно-технической конференции «Технические проблемы освоения Мирового океана» (ТПОМО-4), Владивосток: ИПМТ, 2011 с.78–81.

5. Новиков Ю. В., Соловьев В. А., Зарецкий А. В., Метальников А. А. Технология формирования и ведения информации о социально-экономических условиях в морских субъектах Российской Федерации. // Материалы конференции «Использование средств и ресурсов в единой государственной системе информации об обстановке в Мировом океане для информационного обеспечения морской деятельности в Российской Федерации» (ЕСИМО–2012); Обнинск: ФБГУ «ВНИИГМИ-МЦД»; 2012. р. 238–40.

УДК 551.46.06

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ПО ВЕДЕНИЮ МАССИВА ДАННЫХ О СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ В ПРИБРЕЖНЫХ РЕГИОНАХ РФ

Новиков Ю.В., Соловьев В.А., Зарецкий А.В., Метальников А.А.

*Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН
Нахимовский проспект, 36, 117997, Москва
+7-495-719-0035, juriy@ocean.ru*

Information technology "Software package to conduct an array of data on the socio-economic conditions in the coastal regions of the Russian Federation" is designed to collect, store and present information to users about the results of policy in the field of research and development of ocean resources.

Информационная технология «Программный комплекс по ведению массива данных о социально-экономических условиях в прибрежных регионах РФ» предназначена для сбора, хранения и представления пользователям информации о результатах политики РФ в области исследования и освоения ресурсов Мирового океана.

Основными задачами технологии являются создание и внедрение видовых программных комплексов информационного обеспечения морской деятельности (АРМов пользователей ЕСИМО), специализированных по прикладным задачам в соответствии с установленной ответст-

венностью федеральных органов исполнительной власти и РАН в области морской деятельности.

Технология включает в себя:

- базу данных статистической информации о социально-экономических условиях (СЭУ) морской деятельности начиная с 1990 года;
- автономное приложение для ведения базы СЭУ;
- профиль аналитического комплекса, реализующий представления информации из базы данных СЭУ;
- база данных по нормативно-правовой информации в области морской деятельности РФ.

Основными источниками данных являются материалы, предоставляемые ГМЦ Росстата РФ и Советом по изучению производительных сил (СОПС). ГМЦ Росстата предоставляет информацию по социально-экономическим параметрам в морских регионах РФ, а СОПС нормативно-правовые акты в области морской деятельности РФ.

Информация предоставляется по следующим морским регионам РФ:

Атлантическое направление: Санкт-Петербург, Ленинградская область, Калининградская область, Ростовская область, Краснодарский край.

Арктическое направление: Мурманская область, Республика Карелия, Архангельская область, Ненецкий автономный округ, Ямало-Ненецкий автономный округ, Республика Саха (Якутия), Красноярский край.

Тихоокеанское направление: Сахалинская область, Приморский край, Хабаровский край, Магаданская область, Камчатский край, Чукотский автономный округ.

Каспийское направление: Астраханская область, Республика Калмыкия, Республика Дагестан.

Информация в базе данных СЭУ агрегируется по следующим группам:

1. Основные характеристики субъектов Российской Федерации.
2. Население.
3. Труд.
4. Уровень жизни населения.
5. Образование.
6. Окружающая среда.
7. Валовой региональный продукт.
8. Национальное богатство.
9. Предприятия и организации.
10. Добыча полезных ископаемых, обрабатывающие производства, производство и распределение электроэнергии, газа и воды.
11. Сельское и лесное хозяйство.

12. Рыболовство и рыбоводство.
13. Строительство.
14. Транспорт.
15. Связь.
16. Информационные и коммуникационные технологии.
17. Торговля и услуги населению.
18. Научные исследования и инновации.
19. Финансы.
20. Инвестиции.
21. Цены и тарифы.

Информационные массивы по этой технологии предоставляются через СРБД или с помощью Аналитического комплекса.

Аналитический комплекс ЕСИМО предназначен для создания статистических отчетов и проведения анализа на базе показателей, полученных из СРБД ЕСИМО с использованием технологии интеграции информационных ресурсов, и их отображения с помощью различных визуальных представлений, таких как:

- географическая карта;
- таблица;
- диаграмма (график).

Доступ к базе данных по СЭИ и Аналитическому комплексу осуществляется по WEB-интерфейс по адресу www.economy.ocean.ru.

УДК 681.3

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОПТИМИЗАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ И МЕТАДАННЫХ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ НА ПРИМЕРЕ ЕСИМО

Кобелев А.Е.

*ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»,
249035, Калужская обл., г. Обнинск, ул. Королева, 6, kobelev@meteo.ru*

Paper presents methods applying for optimization of using data and metadata in distributed information system nodes for the example of Unified State Information System on World Ocean Condition (ESIMO). A proof of the need for information caching and describes

the mechanisms for the implementation of data processing.

С целью комплексного обеспечения потребителей гидрометеорологической информацией и информацией о морской деятельности необходимо задействование множества источников данных (НИИ, научных подразделений, лабораторий, ЦД) различной тематической направленности и распределенных географически.

Для решения различных научно-практических задач необходима интеграция этой информации. Например, местоположения судов и высоты волнения в местах их текущего и будущего пребывания с целью обеспечения безопасности мореплавания; места ЧС разлива нефти вместе со скоростью и направлением течения и ветра в этом месте для помощи в ликвидации последствий ЧС; наблюдаемых, прогностических и климатических данных по таким параметрам, как, например, температура воздуха или воды для изучения отклонений от нормы, точности прогностических данных, интегральной оценки обстановки в Мировом океане и пр.

В рамках сетевой модели ЕСИМО создается серия информационно-технологических узлов (центральных, региональных, специализированных, ведомственных и др.) различного функционального назначения и информационного содержания, создаваемых и действующих по единой технологии и в рамках единой системы безопасности (рис. 1).

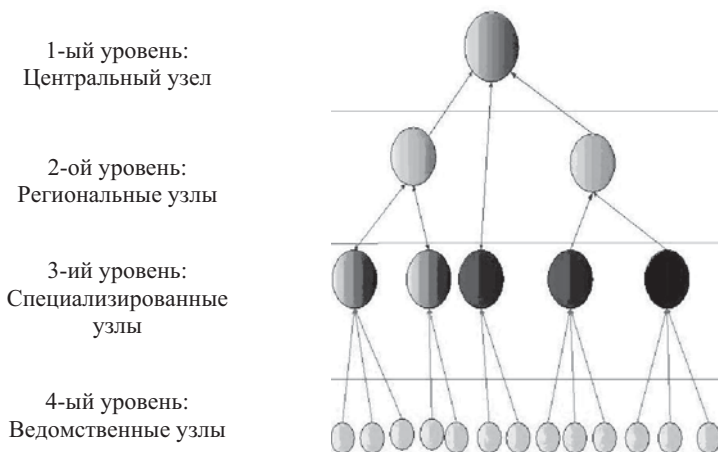


Рис. 1. Условная схема сетевой модели ЕСИМО

Функцией конкретного узла является подготовка и интегральное представление информации, собранной из различных источников, конечным пользователям для решения прикладных задач, объединенных общей тематической и (или) географической областью.

Узел является сложной информационной системой (ИС), состоящей из набора независимых, но взаимосвязанных программных единиц – прикладных компонентов (далее компонентов), функционирующих в веб-среде.

Функцией каждого компонента является подготовка и визуализация информационного представления конечному пользователю. Вид информационного представления может быть картографическим, таблично-графическим, аналитическим и пр.

Исходными данными для подготовки информационных представлений посредством компонентов являются информационные ресурсы.

Информационный Ресурс (ИР) в контексте ЕСИМО представляет собой данные и метаданные, описанные и оформленные в соответствии с определенными правилами. Каждый ИР имеет собственную структуру, построенную из системных элементов, и м. б. разделен на несколько логических блоков – экземпляров.

В том случае, если исходная информация, необходимая прикладному компоненту узла для обработки каждого запроса пользователя, доставляется компоненту «на лету», то на каждом узле распределенной сети в каждом экземпляре каждого компонента одни и те же данные и метаданные повторно запрашивают в источнике при обработке каждого такого запроса от пользователя. Таким образом, многократно возрастает нагрузка, как на источник данных, так и на сам принимающий узел: его центральный процессор, оперативную память, дисковую подсистему, значительно увеличиваются потоки сетевого трафика.

Избежать этого можно посредством буферизации на стороне узла всей необходимой для его работы информации.

База Интегрированных Данных (БИД) – это общесистемный компонент ЕСИМО, предназначенный для буферизации (кэширования), а также предварительной обработки данных ИР на стороне узла ЕСИМО, перед тем как эти данные будут использованы прикладными компонентами этого узла (рис. 2).

БИД обеспечивает актуальность, целостность и непротиворечивость данных ИР(ов), используемых компонентами узла.

Состав и структура ИР может динамически изменяться в источнике данных: добавляются (удаляются) элементы и экземпляры, изменяется тип данных, единицы измерения, диапазон изменения передаваемых

параметров. При этом БИД динамически адаптирует свои структуры хранения получаемых данных под изменения, произошедшие в источнике данных за счет использования полного набора метаданных, сопровождающего каждый ИР.

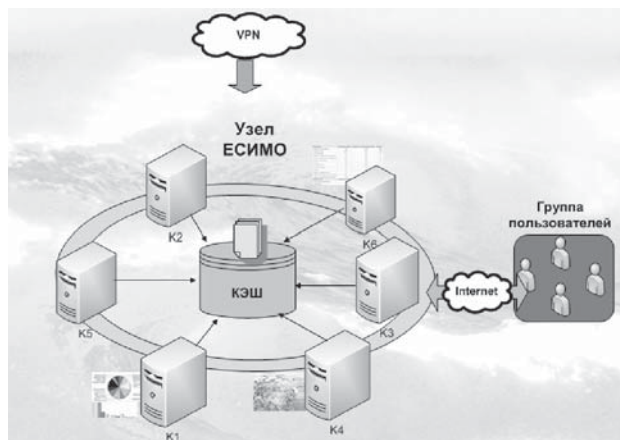


Рис. 2. БИД в составе узла ЕСИМО

Зачастую данные, передаваемые в ИР, не готовы к непосредственному использованию компонентами узла и нуждаются в предварительной обработке. Эта обработка производится на стороне каждого отдельного узла средствами БИД. Таким образом осуществляется децентрализация вычислительного процесса, и нагрузка на каждый узел распределенной системы адекватна используемому им объему ИР.

В результате изучения серии разнородных ИР, порожденных разными источниками данных, и требований, которые накладывают прикладные компоненты к входному формату данных, для классификации производимых над ИР действий было выделено несколько этапов Жизненного Цикла (ЖЦ), которые может проходить ИР в ходе предварительной обработки его данных: объединение, приведение, фильтрация, вычисление, разбиение, накопление, индексация, пространственное преобразование, экспорт. Действия по обработке данных ИР задаются посредством включения функций обработки в ЖЦ данного ИР. Включенные в ЖЦ ИР функции последовательно применяются к данным ИР в ходе его обработки. Каждая функция обработки относится к определенному этапу ЖЦ. Все функции объединены в единый фреймворк функций обра-

ботки. Каждая функция имеет своей областью определения множество системных элементов. Таким образом, зная набор системных элементов ИР, ему можно поставить в соответствие подмножество функций фреймворка, потенциально пригодных для обработки его данных. Любая функция может работать в режиме конструирования. При этом в качестве результата функция возвращает идентификатор дочернего ИР и его набор элементов, но никаких физических действий над данными при этом не производится. Это позволяет избегать значительных временных и ресурсных затрат в процессе конструирования ЖЦ ИР. Функции фреймворка обработки данных ИР БИД атомарны, максимально универсальны и могут, подобно макросам, многократно включаться в ЖЦ одного и того же ИР. Фреймворк функций БИД может быть расширен новыми функциями без изменения существующих.

УДК 004.65

БАЗОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНСТИТУТА ОКЕАНОЛОГИИ ИМ. П.П. ШИРШОВА РАН

**Свиридов С.А., Зарецкий А.В., Соловьёв В.А., Метальников А.А.,
Покрышкин А.А., Новиков Ю.В., Попов А.П.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширишова РАН
Нахимовский проп., 36, 117997, Москва,
8(495) 719-00-35, e-mail: svi@ocean.ru, web: <http://ocean.ru>*

Here discussed the main components of the territorial – distributed information system of the Institute of Oceanology which provide information support to research of the oceans, personalized access to scholarly resources, query processing and data provision.

Институт океанологии им. П.П. Ширишова РАН (ИО РАН) является одним из ведущих национальных центров РАН по изучению Мирового океана.

Океанология определяется как совокупность научных дисциплин о физических, химических, геологических и биологических процессах в Мировом океане. Целесообразность объединения физики, химии, геологии и биологии океана в единую науку определяется единством среды, в которой происходят разнородные процессы, многообразные взаимодей-

ствиями между ними, общей методологической основой их изучения – исследованием трансформации и обмена энергии и вещества в океане, единством основных технических средств исследования [1].

В связи с комплексностью и разносторонностью накопленной в Институте океанологической информации структура хранения и поддержки данных имеет довольно сложный характер. Основными субъектами репозитория ИО РАН являются:

- хранилище исследовательских данных;
- книгохранилище и архивные материалы;
- коллекции и музейные активы;
- центр данных ЕСИМО НКОЦ РАН [2].

С 2001 г. в Институте поддерживается Хранилище исследовательских данных по океанологии, включающая как базу океанологических данных (БД) *OceanDB*, так и инструментарий для работы с ней [3]. Для описания результатов работы экспедиций был разработан и предложен формат данных на языке *XML*. Данный стандарт описания результатов экспедиций был назван *OceanML* [4].

Выбор языка *XML* для представления океанологических данных был обусловлен следующими его свойствами: возможностью использования для описания разноплановых комплексных данных; понятен человеку и компьютеру; включает как сами данные, так и их описание – метаданные; поддерживается ведущими производителями программного обеспечения. Документы *XML* могут с помощью языка *XSLT* легко трансформироваться в любой формат представления *HML* страницы, *WML* страницы, *PDF* файлы, и отвечают устоявшимся международным стандартам.

Основной целью создания БД *OceanDB* является поддержка информационных средств для систематизации и хранения результатов наблюдений, накопленных за многие годы исследований в Институте океанологии. Среди основных поставленных задач функционирования этой системы является создание компьютерных клиент-серверных приложений для: оперативного пополнения базы данных результатами экспедиционных исследований, а также данными попутных съёмок; структурированной записи данных исследований; надежного хранения; производительной обработки больших массивов данных; коллективного доступа к информации через Интернет; корректировки дорогостоящих экспедиционных исследований в реальном масштабе времени и повышения эффективности за счет оперативного доступа к Хранилищу данных.

В настоящее время Хранилище интегрировано с Единой системой информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО) и доступно по адресу <http://ias.ocean.ru/esimo/>.

Книгохранилище и архивные материалы в ИО РАН представляют собой сочетание научной библиотеки, архива диссертационных работ, отчетов об экспедиционной деятельности Института, включая отчеты о рейсах научно-исследовательских судов ИО РАН начиная с 1950-х годов. Во многом эти материалы разнородны и слабо структурированы. Сейчас проводится работа по оцифровке фондов и созданию автоматизированной системы управления библиотечными и архивными ресурсами на основе автоматизированной библиотечной информационной системы со структурой клиент-сервер с возможностью интеграции в национальные библиотечные сети.

Коллекции и музейные активы представлены в виде описательного каталога.

В Институте океанологии расположен Центр ЕСИМО НКОЦ РАН [5] обеспечивающий прием, распределение и поддержку океанологической, научно-технической информации, информации о социально-экономических аспектах морской деятельности РФ в составе национальной системы ЕСИМО [2]. В рамках этого проекта поддерживаются следующие технологии:

- технология информационной поддержки исследований Мирового океана, включая [6]: технологию накопления и хранения океанологических данных; базу данных результатов НИР за 1999–2012 гг. по программе «Мировой океан»[7];
- технология подготовки и ведения информации о социально-экономических аспектах (СЭА) морской деятельности РФ [8];
- создание и поддержка раздела Электронного морского Атласа ЕСИМО.

Пример представления данных через WEB интерфейс одной из вышеприведенных технологий приведен на рис. 1.

Визуализации данных по СЭА осуществляется с помощью Аналитического комплекса (АК). АК предназначен для создания аналитических отчетов на базе показателей, полученных из СРБД ЕСИМО с использованием технологии интеграции информационных ресурсов, и их отображения с помощью различных визуальных представлений, таких как:

- географическая карта;
- таблица;
- диаграмма (график).

Раздел электронного морского атласа ЕСИМО содержит набор тематических пространственных данных масштаба 1:1000000 и 1:500000 на основе ЭКО ЕСИМО по темам: морская экология и биология, геология и геохимия, литодинамика и геоморфология берегов для Баренцева,

Карского, Черного, Азовского и др. морей. ГИС-проект разработан в операционной системе Windows и ГИС ArcGIS 9.3.

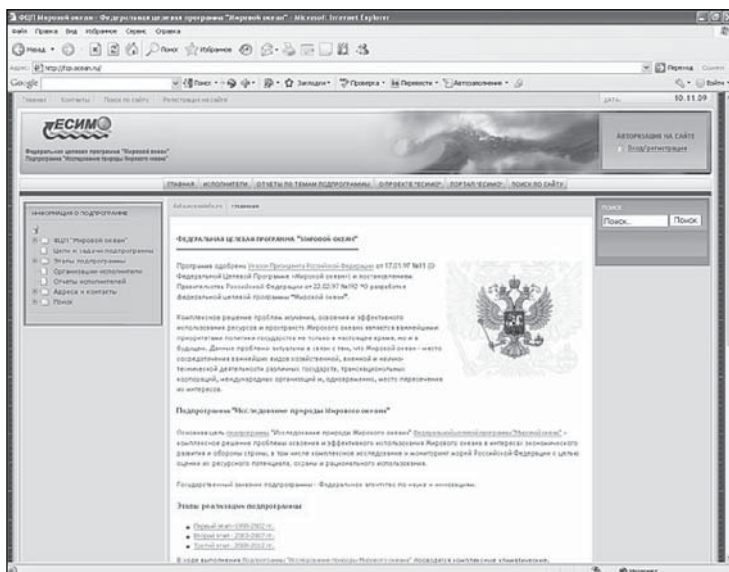


Рис. 1. WEB интерфейс автономного программного приложения доступа к отчетной документации о результатах научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по программе «Мировой океан»

Основными поставщиками данных в репозиторий ИО РАН являются:

- отделения ИО РАН: Южное – г. Геленджик, Атлантическое – г. Калининград, Северо-Западное – г. Архангельск, а также филиалы: Санкт-Петербургский г. С.-Петербург и Каспийский – г. Астрахань;
- научно-исследовательские суда;
- результаты экспедиционной деятельности;
- данные межведомственного обмена.

Поставка данных с судов осуществляется автоматически через протокол NetCDF и отображается в режиме реального времени через WEB интерфейс [9].

Организация обмена данными между субъектами репозитория ИО РАН производится через корпоративную сеть Института океанологии следующими методами:

- через Web портал;
- через кабельные и некабельные каналы связи прибрежного и подводного оборудования и данных от судов;
- через спутниковые каналы связи от судов и отделений ИО РАН;
- через систему библиотечных ресурсов, материалов Международных и Всероссийских конференций – сбор и хранение данных осуществляется на серверах Института.

Структура корпоративной сети ИО РАН представлена на рис. 2.

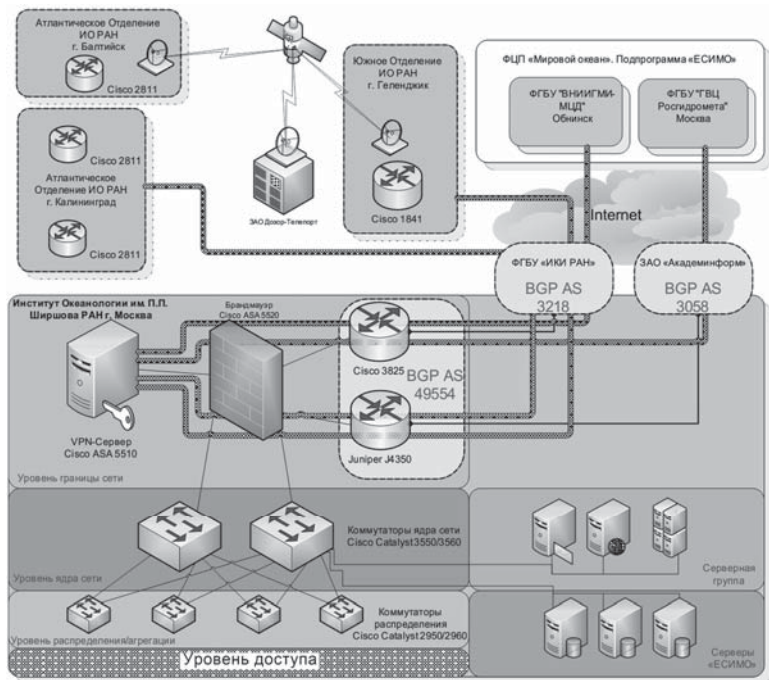


Рис. 2. Структура корпоративной сети ИО РАН

При создании корпоративной сети ИО РАН, было уделено внимание созданию строгой иерархической структуры, состоящей из четырех основных блоков: уровень границы, ядро сети, уровень агрегации и уровень доступа.

Уровень границы сети отделяет ЛВС ИО РАН от внешних сетей, выполняет функции маршрутизации, межсетевое экранирования, концентрирования VPN-соединений.

Ядро сети обеспечивает оптимальный, быстрый транспорт между всеми блоками и уровнями ЛВС. В настоящее время ядром сети ИО РАН является коммутатор с коммутирующей фабрикой 8.8 Гбит/с.

Уровень агрегации создает основу для подключения всего активного сетевого оборудования уровня доступа, позволяет ввести политики безопасности, разбивает сеть на сегменты канального уровня (VLAN), обеспечивает связь уровня доступа с ядром сети.

В 2012 г. введено резервирование внешних каналов связи ИО РАН. В данный момент ИО РАН имеется два работающих канала связи с сетью Интернет, проходящие через организации ИКИ РАН и ЗАО «Академинформ». Резервирование каналов основано на организации ИО РАН собственной автономной системы (AS 49554) протокола маршрутизации BGP и использования собственного блока IP-адресов независимых от поставщиков услуг связи.

Граничные маршрутизаторы ИО РАН анонсируют соседним маршрутизаторам ИКИ РАН и ЗАО «Академинформ» блок собственных IP-адресов и далее трафик направляется с помощью протокола маршрутизации BGP по всем автономным системам Интернета. Все маршрутизаторы Интернета при этом имеют два или более маршрутов до ИО РАН. При этом аварии каналов связи или граничного оборудования отслеживаются соседствующими маршрутизаторами и передача данных продолжается осуществляться по оставшимся каналам связи. Фильтрация трафика осуществляется прозрачно, как на канальном, так и на сетевом уровне. Маршрутизация внутренних сетей, терминирование VPN-каналов, первичная фильтрация потока данных осуществляется на граничном маршрутизаторе.

Таким образом, к настоящему времени, в сети ИО РАН создана модульная структура, позволяющая поддерживать высокий уровень управляемости и масштабируемости, а в перспективе, без кардинальных изменений, внедрять в общую структуру новые узлы сети (филиалы) и расширять корпоративную сеть.

С 2012 г. в Институте функционирует система видеоконференц-связи, обеспечивающая интеграцию отделений Института в единую информационно-диалоговую сеть. Отделения Института, несмотря на географическую удаленность от Москвы, имеют возможность принимать непосредственное участие в ученых советах, конференциях, проводимых в Институте. Также, с 2012 г. Институт имеет возможность проводить видеотрансляции научных мероприятий в сеть Интернет и осуществлять запись диссертационных защит для последующей каталогизации и хранения видеозаписей на ресурсах Института, в том числе для передачи видеоданных в ВАК.

С 2009 г. в структуру сети интегрирована цифровая телефонная станция с поддержкой протоколов VoIP и G.703/G.704, которая позволила в 2012 г. подключить каналы связи альтернативных операторов голосовой связи по протоколам SIP и PRI, обеспечивающих экономичную местную, междугородную и международную телефонную связь. В ближайшей перспективе планируется реализовать ведомственную связь между территориально удаленными АТС Отделений ИО РАН через IP канал.

ЛИТЕРАТУРА

1. Океанология. Геофизика океана, т. 1. «Геофизика океанского дна»/ Гл. редактор А.С. Монин, отв. редактор Ю.П. Непрочнов // М.: Наука, 1979.
2. <http://www.esimo.ru>
3. **Метальников А.А., Осипенко М.В., Свиридов С.А., Соловьев В.А., Утяков Л.Л., Филипчук Ю.Б.** Структура хранилища и формат исследовательских данных по океанологии. // Сборник трудов международной конференции МСОИ-2003, М.: Институт океанологии РАН, 2003.
4. **Метальников А.А., Осипенко М.В., Свиридов С.А., Соловьев В.А., Филипчук Ю.Б.** Хранилище комплексных океанологических данных. // Океанология, Наука. М.: 2005, №. 4.
5. <http://ias.ocean.ru/esimo/>
6. **Метальников А.А., Зарецкий А.В., Соловьев В.А., Свиридов С.А.** Технология информационной поддержки исследований Мирового океана (в составе ЕСИМО). // В сборнике трудов Международной конференции ИНФОТЕХ-2011, Севастополь, Украина, 2011, С. 221.
7. <http://fcp.ocean.ru/>
8. <http://economy.ocean.ru/>
9. <http://ias.ocean.ru/gis/>

РЕСУРСЫ И СЕРВИСЫ ЕСИМО ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

Вязилов Е.Д., Михайлов Н.Н., Мельников Д.А.

*ФГБУ «Всероссийский научно – исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»,
249035, Калужская обл., г. Обнинск, ул. Королева, 6. Тел.84843974676
vjaz@meteo.ru, nodc@meteo.ru, melnikov@meteo.ru*

The information of development of Unified state system of information on the Global Ocean is presenting. The examples of using of system for information services of marine activity in different applications are giving.

В рамках Федеральной целевой программы «Мировой океан» по подпрограмме «Создание единой системы информации об обстановке в Мировом океане» (ЕСИМО) в 2013 г. заканчивается создание базовой инфраструктуры полнофункциональной версии системы (<http://portal.esimo.ru>). Базовая инфраструктура включает комплексы (информационно-технологические узлы, интегрированные комплексы взаимодействия и комплексы информационного обеспечения морской деятельности); программные компоненты (общесистемные программные средства, расчетно-модельные комплексы, средства реализации прикладных задач); информационные ресурсы в виде метаданных, данных и сервисов.

ЕСИМО имеет сетевую сервисно-ориентированную архитектуру и состоит из взаимодействующих информационно-технологических узлов разных категорий и назначения (центральных, региональных, специализированных и ведомственных), размещаемых в центрах системы. Узлы системы построены на основе комбинации общесистемных компонентов и единого интерфейса. Межузловое взаимодействие осуществляется по заданным правилам и уведомительному механизму. Реализована синхронизация метаданных между узлами системы и их консолидация в централизованной базе метаданных. Важную роль для стандартизации доступа к данным играет база общих классификаторов и кодов.

Информационные ресурсы интегрированы в систему распределенных баз данных (СРБД) в виде сети источников данных ведомственных

систем, “приписанных” к соответствующим узлам системы. Технология ведения информационных ресурсов ЕСИМО реализуется программными компонентами поставщик данных, который делает доступными разнородные и распределенные ресурсы ведомственных систем; сервер интеграции, который контролирует работу источников данных СРБД, доставку данных пользователям и внешним системам (комплексам) по запросам и подписке.

В области обработки и анализа данных главной идеей является интеграция в общую цепочку и налаживание единого автоматизированного процесса получения ГИС-ориентированной продукции по схеме (рис. 1):

- база интегрированных данных создает кэш ресурсов заданного состава и выполняет препроцессинг (преобразование, объединение, обобщение) интегрированных данных для получения продукции;

- ГИС-сервер преобразует информацию в геосервисы и выполняет их публикацию;

- аналитический комплекс осуществляет подготовку материалов в виде обобщений.

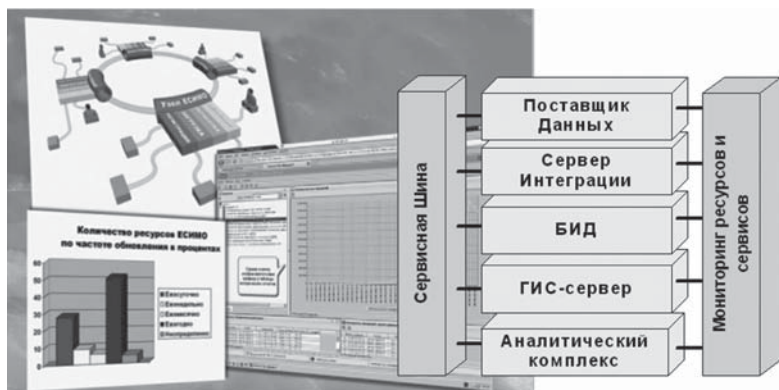


Рис. 1. Схема работы ЕСИМО

Используемые при этом средства интегрированы с расчетно-модельными комплексами, обеспечивающими интерактивное моделирование морских процессов. Для обеспечения единой политики доступа к ресурсам системы реализована цепочка информационных сервисов:

- заказ на доставку информации (состав, время, метод, точка доставки);

- проверка прав пользователей на доступ к информации и назначение разрешений администраторами узла ЕСИМО;
- обращение к источникам данных согласно заказу и доставка файлов данных в системных или локальных форматах на ftp-сервер или e-mail пользователей;
- контроль процессов подачи заказа, назначения прав, предоставления информации.



Рис. 2. Представление аналитической информации

В ЕСИМО введены единые правила безопасности – назначения ролей и прав пользователей, их выполнения всеми компонентами и узлами системы для защиты от несанкционированного доступа к ресурсам, независимо от того, где он размещается. Схема управления контентом портала и персонализации доступа к ресурсам системы позволяет конструировать “автоматизированные рабочие места” пользователей без программирования. Особое внимание уделено средствам обеспечения работоспособности системы, включающим компоненты мониторинг ресурсов системы – сбор метрик и отображение состояния серверов в центрах ЕСИМО, рассылка оповещений о нештатных ситуациях; комплекс ведения статистики работы единой системы и подготовки отчетности о работе.

Узлы полнофункциональной ЕСИМО объединены в виртуальную телекоммуникационную сеть на основе сети интернет. При этом реализовано телекоммуникационное взаимодействие между узлами системы. Это особенно актуально при функционировании сети источников данных ЕСИМО в морских управлениях Росгидромета и организации межведомственного обмена данными по схеме “система – система”.

Межведомственное взаимодействие по схеме “системам – система” реализовано между системами Росгидромета и НЦУКС МЧС России, автоматизированной системой управления Минтранса России и Отраслевой системой мониторинга судов Росрыболовство. Введен в действие центральный портал в ГВЦ Росгидромета и ВНИИГМИ-МЦД, включая подпортал для обеспечения морского сегмента Ситуационного центра Росгидромета. Осуществлено развертывание и ввод в опытную эксплуатацию региональных узлов ЕСИМО по Северо-западному и Арктическому региону (ААНИИ) и Дальневосточному региону (ДВНИГМИ).

Полученные результаты и их последующее внедрение существенно повышает функциональность, устойчивость и производительность ЕСИМО, приближает ресурсы системы к потребителям информации, которые могут обращаться в свой (территориальный или тематический портал) по месту нахождения или любой другой портал узла системы. Уже сейчас в тестовом порядке порталы узлов предоставляют такие сервисы как:

- ГИС-представление и анализ пространственных данных на единой картографической основе для мониторинга обстановки в Мировом океане;

- подготовка и отображение аналитических материалов для принятия управляющих решений;

- экспресс анализ аварийных разливов нефти для поддержки мероприятий по ликвидации техногенных чрезвычайных ситуаций, расчет и отображение прогностических гидрометеорологических данных в заданной точке и по маршруту судна или другого плавающего объекта;

- оперативное взаимодействие информационных систем, предусматривающее автоматизированную доставку требуемой информации из ЕСИМО во внешнюю систему для решения собственных задач.

В 2013 и последующих годах предстоит решение задачи по продвижению системы на рынке информационных услуг, особенно в регионах, для того чтобы ЕСИМО стала инструментом информационного обеспечения на всех уровнях – от аппаратов органов власти до специалистов, работающих на объектах морской деятельности.

ЕСИМО КАК ЭЛЕМЕНТ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА

Гасников О.А., Ставров К.Г.

*ОАО «Государственный научно-исследовательский навигационно-
гидрографический институт»*

Кожевенная линия, 41, 199106, Санкт-Петербург,

Тел.: +7(812)322-21-13 Факс: +7(812)322-33-19

E-mail: mail@ngingi.ru

The report discusses the development of a unified information space of Russia in the field of maritime activity.

Принятие решения о создании единой информационной среды (ЕИС) становится сегодня обязательным принципом информатизации любой предметной области. Это касается и военных приложений, в которых одной из определяющих концепций, по мнению западных специалистов, является развитие идей сетецентрических войн [1,2].

В основу концепции положены стандартизация, унификация и комплексное внедрение новейших информационных технологий, что позволяет создать единое информационно-коммуникационное пространство. В результате единая сеть средств разведки, связи и органов управления увязывается с сетью средств поражения и сетями боевого и тылового обеспечения и функционирует в реальном масштабе времени, что позволяет войскам действовать намного эффективнее, быстрее и результативнее.

Важным элементом ЕИС военного назначения может стать ЕСИМО как система информации, интегрирующая действующие в Российской Федерации технологии производства наблюдений сбора, обработки, накопления, распространения информации об обстановке в Мировом океане и предназначенная для информационной поддержки морской деятельности на федеральном, региональном и ведомственном уровнях на основе интеграции и рационального использования ресурсов и средств существующих в РФ ведомственных информационных систем.

В ходе развития ЕСИМО одним из важнейших вопросов являлась задача организация доступа к разнородной ведомственной информации о Мировом океане значительному кругу заинтересованных лиц и организаций. В значительной степени эта достаточно сложная задача была решена. К со-

жалению, содержащаяся в системе информация отражает ведомственные приоритеты как по ее составу, методам обработки и отображения.

По нашему мнению следующим шагом развития ЕСИМО стала бы реализация на ее основе крупных специализированных проектов. К ним можно отнести вопросы обороны страны, обеспечение хозяйственной деятельности в арктических районах, мониторинг климатических изменений. Указанные задачи не могут быть решены без создания в Центрах ЕСИМО межотраслевых центров информации. Одним из них может стать ЕЦДОГИ – центр сбора, обработки и представления океанографических, гидрографических и геофизических исследований.

Уже сейчас можно обозначить ряд задач, которые могут быть поставлены перед ним.

Это может быть разработка обобщенной цифровой климатической модели высокого разрешения гидролого-акустических условий оперативно важных районов Мирового океана для планирования морской деятельности в различных районах Мирового океана и обеспечения ее данными в условиях неполной оперативной информации или ее отсутствия.

Она может быть использована:

- при учете гидролого-акустических условий при обеспечении работ на море;
- при планировании действий сил и средств флота в оперативно важных районах океана при отсутствии возможности оперативного вскрытия гидрологической обстановки в ходе выполнения операций на море;
- в интегрированных системах подводного наблюдения;
- при подготовке специализированных навигационно-гидрографических и гидрометеорологических пособий;
- при построении, адаптации и реализации моделей диагностики и прогноза гидродинамических и гидрофизических параметров среды в интересах обороны и экономики страны;
- при анализе тенденций долговременных изменений климата и их последствий.

Вторым актуальным вопросом является разработка системы оперативного мониторинга (СОМ) гидрофизических полей, включающей создание специализированной наблюдательной сети, математического блока усвоения натурной информации и численной модели расчета с заданной точностью параметров морской среды (полей течений температуры, солености, плотности и давления) в реальном масштабе времени и с необходимым пространственно-временным разрешением для решения разнородных задач освоения и использования ресурсов Мирового океана в интересах обороны и экономики страны.

Оценивая проблему создания ЕИС в целом, следует отметить существующее противоречие между требованиями ВМФ к обеспечению геопространственной информацией (ГИ) и технологическими возможностями существующих ГИС-технологий, используемых в настоящее время в ЕСИМО.

В существующих технологиях электронные карты являются копиями листов типографских карт. Основопологающим требованием к ГИС для эффективности обеспечения ГИ деятельности ВМФ является требование к согласованности и точности по различным пространственно-временным масштабам. Эффективная процедура обеспечения принятия согласованных по ГИ решений на различных уровнях управления деятельностью ВМФ возможна только при удовлетворении этому требованию, которое обеспечивается созданием единой базы данных по всему Земному шару максимально возможного масштаба. В свою очередь использование единой базы пространственных данных требует оперативного согласования ГИ по пространственно-временным масштабам и точности, что в картографии обеспечивается процедурой генерализации. В настоящее время отсутствуют процедуры автоматической генерализации, обеспечивающие возможность оперативного приведения ГИ к необходимому пространственно-временному масштабу больших объемов информации. Существующие процедуры являются интерактивными, диалоговыми программными системами и требуют активного участия квалифицированного картографа и не включаются в состав программного обеспечения ГИС. Кроме того, применяемая в настоящее время в ЕСИМО картографическая основа используется в основном для зрительного уяснения расположения объектов в пространстве (графического макета пространства) и лишь в редких случаях для решения прикладных задач. Указанные недостатки требуют определенного пересмотра сложившейся практики создания, распространения, использования геопространственных данных и разработки новых перспективных систем, основанных на единой инфраструктуре пространственных данных.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. **Alberts D.S., Garstka J.J., Stein F.P.** Network Centric Warfare: Developing and Leveraging Information Superiority. // CCRP Publ., 2nd Edition (Revised). Aug 1999, Second Print Feb 2000, P. 284. (http://www.dodccrp.org/files/Alberts_NCW.pdf)

2. Management of the Department of Defense Information Enterprise, dated February 10, 2009, P. 11. (<http://www.dtic.mil/whs/directives/corres/pdf/800001p.pdf>)

**СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО РЕСУРСА ПО ГАЙОТАМ
МАГЕЛЛАНОВЫХ ГОР ТИХОГО ОКЕАНА НА ОСНОВЕ
УНИВЕРСАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ХРАНЕНИЯ
ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

**Жулёва Е.В.¹, Рашидов В.А.², Метальников А.А.¹, Акманова Д.Р.²,
Чесалова Е.И.³**

¹*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,
Нахимовский пр., 36, 117997, г. Москва, 8(499)124-79-49,
lenageo@rambler.ru*

²*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,
бульвар Пийта, 9, 683006, г. Петропавловск-Камчатский, (4152)297886,
rashidva@kscnet.ru*

³*Государственный геологический музей им. В.И.Вернадского РАН
ул. Моховая, 11, стр. 2, 103009, г. Москва, (095)292-05-86
chesalova_ei@mail.ru*

The information resource of seamounts including web-site, geoinformation system and the base of data is presented and demonstrated on the example of Magellan seamounts in Pacific Ocean.

В настоящее время накопление большого объема фактических данных по морфологии и геолого-геофизическому строению подводных гор со всей остротой ставит вопрос об их организованном хранении для того, чтобы максимально избежать потерь имеющейся информации и обеспечить свободный доступ к ней всех заинтересованных лиц. Решению этой проблемы может служить создание информационного ресурса (ИР) по подводным горам, ориентированного на Интернет-технологии передачи и хранения информации. Специализированные базы данных (БД) по подводным горам разрабатываются в Интернете в рамках таких международных программ, как: NYC Open Accessible Space Information System (OASIS) (<http://www.oasisnyc.net/>), Seamount Biogeoscience Network (SBN) (<http://earth.ref.org/SBN>), Seamount Online (<http://seamounts.sdsc.edu>). Распределение подводных гор и геохимия внутриплитового магматизма Атлантического океана рассматриваются в проекте Электронная Земля в БД по геохимии внутриплитового магматизма (<http://earth.jscs.ru/gim>). В рамках проектов, поддерживаемых

РФФИ и ДВО РАН, камчатскими учеными создан специализированный сайт по геофизическому изучению позднекайнозойских подводных вулканов Тихого океана (http://www.kscnet.ru/ivs/grant/grant_04/index.html).

Фундаментальные исследования современного подводного вулканизма Мирового океана, оценка его влияния на окружающую среду и жизнедеятельность человека невозможны без анализа его эволюции. В настоящее время одним из наиболее интересных районов проявления мелового вулканизма в Тихом океане являются Магеллановы горы.

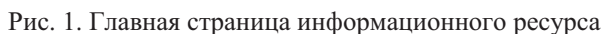
В имеющихся российских ИР, посвященных океану (программа ЕСИМО), в качестве опыта создания БД по подводным горам, формируется ИР по гайотам Магеллановых гор Тихого океана. ИР включает в себя web-сайт «Магеллановы горы (Тихий океан)», расположенный по адресу <http://guoyot.ocean.ru/>, геоинформационную систему «Магеллановы горы Тихого океана» в ArcGIS Online и БД «Магеллановы горы Тихого океана». Организовано взаимодействие геоинформационной системы, web-сайта и БД. В создаваемом ИР будут детально описаны 27 меловых вулканических построек (гайотов и подводных гор).

В ИР обобщаются результаты оригинальных геоморфологических и геолого-геофизических исследований Магеллановых гор, полученные в рейсах Института вулканологии ДВО РАН, Института океанологии (ИО) РАН и ГНЦ «Южморгеология», а также литературные данные и материалы из сети Интернет.

Для выполнения поставленной задачи был использован разработанный Отделом информационных технологий ИО РАН универсальный web-портал (сайт), предназначенный для сбора и хранения океанологической информации. Оптимальной программной платформой для работы данного портала является конфигурация, включающая сервер Linux/Unix, HTTP-сервер Apache, сервер баз данных MySQL версии не ниже 5.XX, и интегрированный язык программирования PHP версии не ниже 5.3.

Web-портал имеет два типа интерфейса – пользовательский (frontend), служащий для отображения информации, предназначенной для посетителей сайта, и административный интерфейс (backend), который допускает вход по логину и паролю только административному персоналу, и служит для работы с данными и технического обслуживания сайта. Web-портал построен по модульной схеме и допускает установку дополнительных компонент и модулей, что дает возможность внесения изменений в случае необходимости. Внешний вид (дизайн) портала задается набором PHP файлов – темплейтом, с использованием технологии каскадных таблиц стилей (CSS). Все данные сай-

Главная страница сайта «Магеллановы горы (Тихий океан)» включает обзорную информацию о проекте, о проведенных в исследуемом районе научных экспедициях и об организациях и специалистах, участвующих в сборе данных и создании сайта, геоморфологическую и геолого-геофизическую характеристику исследуемого региона, описание понятия «гайоты», и библиографический список работ, посвященных изучению вулканических построек Магеллановых гор (рис. 1). Здесь размещена интерактивная батиметрическая карта Магеллановых гор, с которой осуществляется переход непосредственно в базу данных к описаниям отдельных гайотов.



Описание гайотов состоит из текстовой и графической информации (рис. 2). Для отдельных построек представлены крупномасштабные карты: батиметрические, геологические, магнитного и гравитационного полей, распространения железомарганцевых образований. Описание каждого гайота завершается сводной таблицей, включающей в себя набор полей, характеризующих морфологию рассматриваемого объекта по специально разработанной системе стандартных метаданных [1].

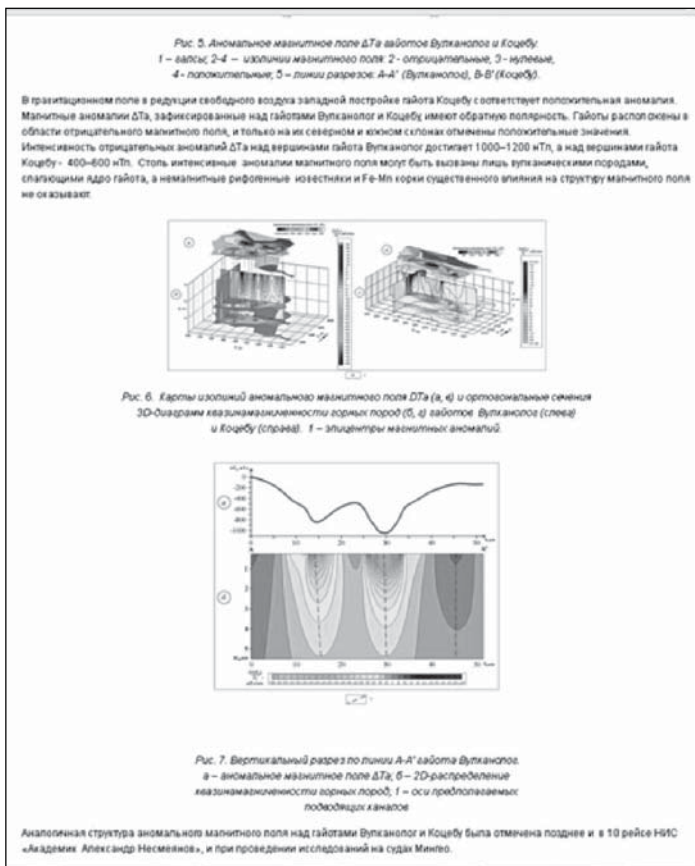


Рис. 2. Страница описания гайота

Геоинформационный ресурс «Магеллановы горы Тихого океана» представляет набор различных мелкомасштабных карт на северо-западную часть Тихого океана и крупномасштабных карт на отдельные постройки Магеллановых гор. Геоинформационный проект «Магеллановы горы» был опубликован в виде Гис-сервиса и представлен на ресурсе ArcGIS Online в качестве актуализированной для пользователя web-карты, что позволяет использовать его не только для просмотра через web-браузер, но и в настольных приложениях (рис. 3).

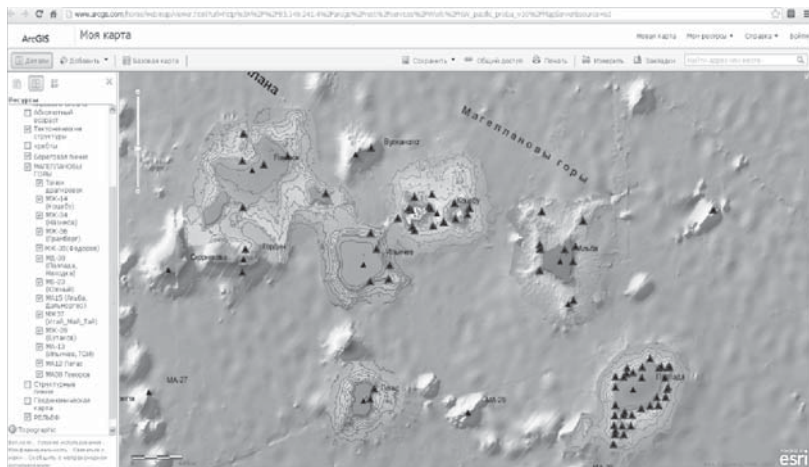


Рис. 3. Фрагмент карты Магеллановых гор, опубликованной на ресурсе ArcGIS Online

Для организации хранилища данных было применено универсальное, свободно распространяемое программное обеспечение для работы с данными K2, совместно разработанное компаниями JoomlaWorks Ltd. (Швейцария) и Nuevvo Webware Ltd. (Греция). Отличительной особенностью хранилища данных является наличие системы экспорта и импорта с использованием стандартного формата CSV. Это позволяет конвертировать данные из хранилища в другие распространенные форматы (DBF, MDB, XLS и др.), и выполнять операции резервного копирования данных. Также система экспорта/импорта дает возможность подготовки файлов данных вне хранилища по заданному формату с их дальнейшим импортом, а также конвертации и последующего импорта данных из сторонних источников.

В настоящее время информационный ресурс находится на стадии активного формирования и, несомненно, явится новой вехой в изучении мелового вулканизма Тихого океана.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 12-05-00974-а).

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. **Асавин А.М., Жулёва Е.В.** Основы построения стандарта метаданных по рельефу подводных гор // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2009. № 2. Вып. 14. С. 143-152.

УДК 91:004.67

СЕТЕВАЯ ГИС ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБ ОБСТАНОВКЕ В МИРОВОМ ОКЕАНЕ – ГИС ГЕОЕСИМО*

Гитис В.Г.¹, Вайншток А.П.¹, Дерендяев А.Б.¹, Михайлов Н.Н.²

¹ *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича
Российской академии наук (ИППИ РАН)
Б. Каретный пер., 19, 127994, г. Москва
8(495) 699-50-96, wein@iitp.ru*

² *Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»
(ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»)
ул. Королева, 6, 249035, г. Обнинск Калужской обл.
(48439) 7-49-07, nodc@meteo.ru*

Paper presents dynamic web-GIS GeoESIMO for analysis of spatio-temporal features of oceanic processes. The GIS encompasses access to geodata and plug-ins, distributed over servers and stored on the user's PC, and launch calculations on remote servers. The GIS is implemented as Java application. The case studies on analysis of ocean processes are presented.

* Работа поддержана ФЦП «Мировой океан» и грантом РФФИ № 13-07-00224-а.

ГИС ГеоЕСИМО предназначена для визуализации и комплексного анализа информационных ресурсов (ИР) системы распределенных баз данных (СРБД) и результатов расчетно-модельных комплексов (РМК) Единой государственной системы информации об обстановке в мировом океане (ЕСИМО) [1], <http://www.esimo.ru/>.

СРБД содержит свыше 2300 разнородных информационных ресурсов более 80 поставщиков данных общим объемом более 5 Тб, и содержит более 10 РМК, расположенных на серверах различных организаций.

Инструментарий ГИС ГеоЕСИМО позволяет производить комплексный анализ накопленных ИР (многолетние наблюдения) и динамических потоков геоданных (мониторинг и прогноз гидрометеорологических показателей), выявлять из данных существенную информацию и знания, позволяющие эффективно решать практические, прикладные и научные задачи предметной области [2]. Исследование данных поддерживается анимационной картографикой, интерактивным построением диаграмм и таблиц, а также большим набором аналитических инструментов. Совмещение средств интерактивной визуализации со средствами интеллектуального анализа геоданных позволяет сформировать когнитивный образ исследуемых пространственных объектов и пространственно-временных процессов, что дает возможность для лучшего понимания исследуемых ситуаций, способствует выдвижению гипотез о скрытых в данных закономерностях и поддерживает принятие решений.

Основой для разработки ГИС ГеоЕСИМО, послужила разрабатываемая в ИППИ РАН многофункциональная динамическая ГИС ГеоТайм [3], <http://www.geo.iitp.ru/GT3>.

Для взаимодействия ГИС с компонентами распределенной среды ЕСИМО реализованы следующие функции:

Доступ к данным по регламенту, обеспечивающий работу с разными форматами, определяемыми в файлах метаданных.

Многопоточная загрузка в ГИС динамических данных СРБД, мониторинг их обновления в соответствии с расписанием и загрузка в реальном времени в течение сеанса. Мониторинг загрузки данных СРБД. Кэширование загружаемых данных на ПК пользователя для уменьшения затрат времени при передаче больших объемов.

Загрузка и отображение WMS геосервисов из базы интегрированных данных ГИС-сервера ЕСИМО.

Взаимодействие с распределенными на серверах среды ЕСИМО РМК с использованием ГИС-интерфейса для формирования задания, Web сервиса для передачи задания и запуска РМК, и получения результатов РМК.

Сохранение полученных в ГИС слоев на ПК пользователя и/или в БД ЕСИМО для повторного их использования или для передачи другому пользователю.

Публикация результатов, полученных средствами ГИС (новые слои, карты, таблицы графики).

Анимационное представление результатов ГеоЕСИМО в KML формате для отображения их в сетевых выюверах с наложением на тайловые картоосновы.

Формирование отчетов, содержащих картографическую, графическую и табличную информацию, получаемую посредством инструментов ГИС ГеоЕСИМО.

Создание новых интерактивно настраиваемых ГИС-проектов.

Мониторинг взаимодействия ГеоЕСИМО с компонентами ЕСИМО, включающий регистрацию и анализ сбоев, статистику применения, отслеживание хода выполнения внешних задач.

Создание и подключение портлета к portalу ЕСИМО, обеспечивающего представление ГИС-приложений пользователю согласно его профилю, вызов и загрузку ГИС-приложений ГеоЕСИМО.

Использование принятой в ЕСИМО системы аутентификации и авторизации и регламента безопасности.

Для каждой прикладной задачи анализа Мирового океана на основе ГИС ГеоЕСИМО создается ГИС-приложение, включающее в себя ядро ГИС ГеоЕСИМО, инструментальные средства (плагины) и разнотипные геоданные, релевантные задаче анализа. Содержание ГИС-приложения определяется в ГИС-проекте, который состоит из конфигурационного XML файла и XML файлов метаданных картографических слоев. ИР, плагины, XML файлы могут находиться на серверах ЕСИМО или на ПК пользователя.

На рис. 1 и 2 показаны примеры применения ГИС ГеоЕСИМО.

ГИС ГеоЕСИМО реализована в виде Java-приложения, что позволяет обеспечить высокую интерактивность операций. На ПК пользователя не требуется установка дополнительного ПО. ГИС-приложения ГеоЕСИМО (<http://www.geo.iitp.ru/esimo/>) запускаются из браузеров IE 7.0+, FF 2+, Opera 9.0+, Chrome и др. на платформах Windows, Linux, Mac OS.

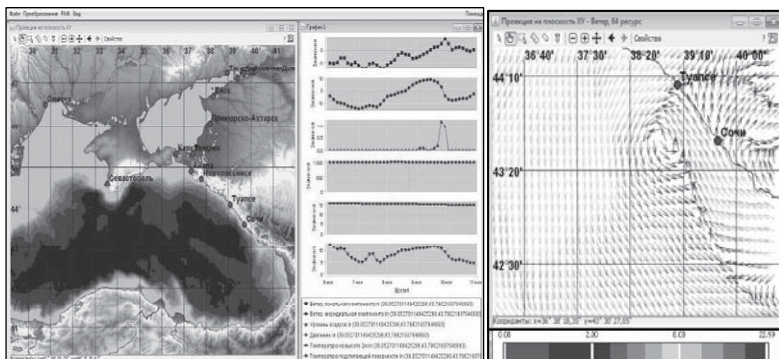


Рис. 1. Прогноз метеорологических показателей в заданной точке, полученный от РМК “Метеограмма” (ФГБУ “Гидрометцентр России”) и временной срез прогноза направления и силы ветра

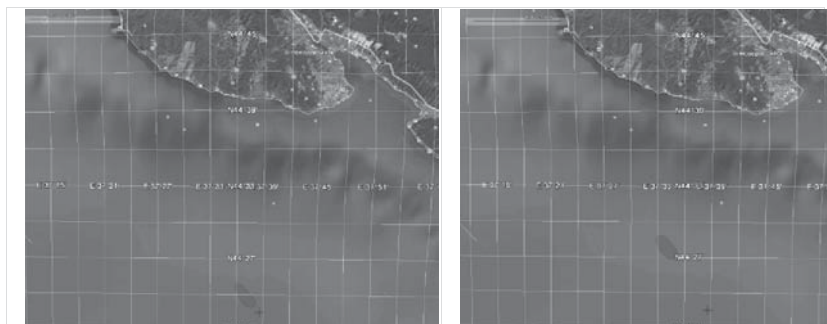


Рис. 2. Экспортированные из ГИС ГеоЕСИМО в Google Планета Земля (Google Earth) временные срезы анимационной визуализации нефтяного пятна, рассчитанного на РМК “Экспресс-анализ аварийных разливов нефти” (ФГБУ ГОИН) [4] по запросу из ГИС ГеоЕСИМО. Точка разлива показана символом “+”

ЛИТЕРАТУРА

1. **Михайлов Н.Н.** Облик ЕСИМО – решения, характеристики и основные направления применения и развития. // Материалы конференции «Использование средств и ресурсов Единой государственной системы информации об обстановке в мировом океане для информационного обеспечения морской деятельности в Российской Федерации»

(ЕСИМО'2012) 24-28 сентября 2012 г. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ – МЦД» – 2012. – С. 209–217.

2. **Гитис В.Г., Ермаков Б.В.** Основы пространственно-временного прогнозирования в геоинформатике. // – 2004. – М.: ФИЗМАТЛИТ. – с. 256.

3. **Гитис В.Г.** Геоинформационные технологии для научных исследований // Вестник РФФИ. – 2011. – № 2-3. – С. 13-32.

4. **Овсиенко С.Н., Зацепя С.Н., Ивченко А.А.** Моделирование разливов нефти и оценка риска воздействия на окружающую среду. // Труды ГОИН. – 2005. – Выпуск 209. – М.: Гидрометеиздат. – С. 248–271.

УДК 551.214 (265)

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ВЕБ ПОРТАЛ ДЛЯ СБОРА И ХРАНЕНИЯ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Метальников А.А.

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,
Нахимовский пр., 36, 117997, г. Москва, 8(495)719-00-35,
met@ocean.ru*

The report describes an approach to develop universal autonomous web-server for collection and storage geophysical and oceanographic data based on Open Source technologies. Web-server designed for scientists and engineers with basic level of knowledge in the field of computer technology.

При выполнении научных проектов в области наук о Земле часто возникает задача сбора и хранения информации, с возможностью обеспечения распределенного доступа к ее просмотру, пополнению и редактированию. Особенно актуально эта задача стоит при совместной работе над проектом нескольких организаций. При этом не всегда возможно использование дорогостоящего программного обеспечения, например, хранилищ данных на базе СУБД Oracle или ГИС, в особенности, если проект является малобюджетным. Кроме того, использование таких решений требует наличия сложного оборудования и высокой квалификации сотрудников в сфере информационных технологий.

Отделом Информационных технологий ИОРАН был разработан универсальный веб портал (сайт), предназначенный для сбора и хранения океанологической информации, в том числе геофизической, геохимической, эколого-биологической и др. К его основным характеристикам можно отнести следующие:

- портал является автономным интернет-приложением и может применяться в качестве средства для сбора и хранения данных в рамках отдельного выполняемого проекта, а также использоваться для нужд лаборатории, отдела или небольшой организации;

- для установки данного портала требуется программно-аппаратная платформа, доступная в настоящее время в большинстве современных научных организаций, а также практически у всех интернет-провайдеров;

- наиболее оптимальной программной платформой для работы данного портала является конфигурация, включающая сервер Linux/Unix, HTTP-сервер Apache, сервер баз данных MySQL версии не ниже 5.XX, и интегрированный язык программирования PHP версии не ниже 5.3;

- внешний вид (дизайн) сайта задается набором PHP файлов – темплейтом, с использованием технологии каскадных таблиц стилей (CSS), допускающих редактирование;

- веб-портал построен по модульной схеме и допускает установку дополнительных компонент и модулей, как сторонних производителей, так и разработанных самостоятельно для текущего проекта. Это дает возможность в случае необходимости, например, внесения изменений в план работ в ходе выполнения научного проекта, в достаточно короткие сроки существенно изменить или расширить его функционал.

Важной особенностью предлагаемого решения является то, что все используемые программные компоненты свободно распространяемы (Open Source), т.е. их применение требует минимальных капиталовложений. Это дает возможность применения подобного решения для малобюджетных или пилотных научных проектов.

Веб-портал имеет два типа предустановленных интерфейсов – пользовательский (frontend), служащий для отображения информации посетителям сайта, и административный (backend), который допускает вход по логину и паролю только административному персоналу, и служит для работы с данными и технического обслуживания сайта. Сайт имеет систему регистрации пользователей и назначения пользовательских прав. Это позволяет вводить разграничение доступа для персонала, ответственного за различные разделы сайта, и администраторов, имеющих доступ к техническому обслуживанию проекта.

Особенностью работы с данными в административном интерфейсе является его «дружелюбность» к пользователю, что позволяет производить работы с наполнением сайта данными и их корректировку сотрудникам без специализированных знаний в области программирования или работы с интернет-проектами. Для выполнения большинства операций с данными сотруднику достаточно иметь базовые навыки работы со стандартными офисными приложениями. Функции администрирования, требующие специальных знаний, доступны при этом только администратору сайта.

Сайт содержит стандартный набор функций для обработки и отображения в структурированном по категориям виде текстовой информации, а также графических файлов в форматах JPG, PNG, GIF. Поддерживается бесконечная вложенность категорий. Также с помощью специальных модулей обеспечивается полная поддержка выполнения кода HTML и JAVA script.

Для организации хранилища данных было применено универсальное программное обеспечение для работы с данными K2, совместно разработанное компаниями JoomlaWorks Ltd. (Швейцария) и Nuevo Webware Ltd. (Греция). Данный продукт является свободно распространяемым, производителем допускается полная модификация кода для нужд конкретной разработки.

На базе программного обеспечения K2 было построено хранилище данных со следующими характеристиками:

- формирование для каждого объекта исследования отдельного документа, содержащего описательную часть, графическую информацию и поля описания данных;
- создание неограниченного количества полей описания данных различных форматов в соответствии с заданными параметрами;
- возможность в случае необходимости последующего неограниченного добавления дополнительных полей описания данных;
- распределение документов по категориям и подкатегориям с бесконечной степенью вложенности;
- возможность включения в документ графической и картографической информации, а также видеофрагментов. Список допустимых расширений для каждого типа файлов устанавливается администратором;
- наличие функции открытия полномасштабного изображения в документе (необходимо при размещении карт и схем);
- автоматическое создание галерей изображений в случае наличия нескольких графических изображений изучаемого объекта;

– возможность приложения к документу файлов любого типа, указанного в настройках системы администратором (PDF, DOC, TIFF, ZIP, RAR и т.д.);

– возможность дополнительно подключения к каждому документу соответствующих смысловых тегов с последующей выборкой по ним (в случае необходимости);

– расширенная система поиска и фильтрации данных хранилища.

Также отличительной особенностью хранилища данных является наличие системы экспорта и импорта с использованием стандартного формата CSV. Это позволяет конвертировать данные из хранилища в другие распространенные форматы (DBF, MDB, XLS и др.), и выполнять операции резервного копирования данных. Также система экспорта/импорта дает возможность подготовки файлов данных вне хранилища по заданному формату с их дальнейшим импортом, а также конвертации и последующего импорта данных из сторонних источников.

Стандартизация формата хранения данных позволяет в дальнейшем экспортировать наборы данных в хранилища более высокого уровня (например, банк данных ИОРАН OceanDB).

Еще одна важнейшая характеристика хранилища данных и портала (сайта) – возможность полностью удаленной (дистанционной) работой с данными и с сайтом. Для полноценного доступа к данным и управлению сайта необходим только выход в сеть Интернет. Также система допускает одновременную распределенную работу с сайтом нескольких групп сотрудников. Это может позволить производить параллельное наполнение базы данных силами нескольких организаций, а также выполнять ввод данных и их корректировку непосредственно в экспедиционных условиях.

В настоящее время портал расположен на сервере Института океанологии РАН. На базе данного решения в 2012 году были выполнены первые этапы проектов «Магеллановы горы (Тихий океан)» (Институт вулканологии ДВО РАН, Институт океанологии РАН и ГНЦ «Южмор-геология», грант РФФИ 12-05-00974-а, руководитель д.г.-м.н. Жулёва Е.В.), и «Вселенцы» (Институт океанологии РАН, госконтракт с Минобрнауки РФ № 14.740.11.0422, руководитель д.б.н. Шиганова Т.А.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Метальников А.А., Осипенко М.В., Свиридов С.А., Соловьев В.А., Филипчук Ю.Б. Хранилище комплексных океанологических данных // «Океанология» 2005, т.45, №4.

ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Нагорнюк К.Е.

ООО «ЭСРИ СНГ»

*ул. Смольная, д.52, стр.6, 125445, г. Москва, 8(495)988-3481,
knagornyuk@esri-cis.ru*

Paper presents Oil Spill Detection System based on ArcGIS
Software and Synthetic Aperture Radar Remote Sensing of Earth.

В докладе рассказывается об опыте создания системы оперативного мониторинга пленочных нефтяных загрязнений морской поверхности на базе географической информационной системы ArcGIS с использованием радиолокационных изображений, получаемых с современных космических аппаратов дистанционного зондирования Земли. Система мониторинга разработана с использованием методологии геоинформационного подхода к картографированию нефтяных загрязнений моря [1]. В докладе рассматривается опыт дешифрирования нефтяных пленок с использованием алгоритмов программного обеспечения ArcGIS for Desktop. Представлен пример реализации географической информационной системы мониторинга на основе сервис-ориентированной архитектуры с применением платформы ArcGIS for Server и облачного сервиса ArcGIS Online. Демонстрируется, как разработанная система позволяет интегрировать космические оптические и радиолокационные изображения, оперативные данные с места обнаружения загрязнения, картографический материал, навигационные данные, информацию о местоположении судов и предоставлять обобщенную информацию для заинтересованных специалистов по всему миру.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Иванов А. Ю.** Стики и пленочные образования на космических радиолокационных изображениях / А. Ю. Иванов, – Москва: Исследование Земли из космоса №3, 2007. – 22 с.
2. **ESRI.** ArcGIS для анализа и отображения изображений <http://resources.arcgis.com/ru/help/main/10.1/index.html#//009t000001v3000000>

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ИНСТИТУТА ОКЕАНОЛОГИИ ИМ. П. П. ШИРШОВА РАН

Свиридов С.А., Покрышкин А.А. (старший)

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН
Нахимовский проп., 36, 117997, Москва
тел. +7 (495) 719-00-35, e-mail: svi@ocean.ru, web: <http://ocean.ru>*

Here discussed the information system of the Institute of Oceanology which provide information support to research of the oceans, personalized access to scholarly resources, query processing and data provision.

Ключевые слова: территориально-распределенные информационные системы для научных исследований.

С момента появления компьютеров и возникновения сетевых технологий процесс формирования информационного сообщества принял глобальный характер и интенсивно развивается. Развитие информационных систем перешло в фазу многопроцессорной технологии и интегрирования с различными аспектами нашей жизни, постепенно формирующих новую среду обитания человека. Научное сообщество Российской академии наук уделяет особое внимание созданию территориально-распределенных информационных систем руководствуясь тем, что наука как самоорганизующаяся система питается и управляется своими информационными потоками [1]. В соответствии с этой концептуальной установкой Институт океанологии РАН (ИО РАН) реализует спектр проектов, направленных на информационное обеспечение исследований в океанологии [2], – это создание и развитие информационных, вычислительных и телекоммуникационных ресурсов Института океанологии для обеспечения научной деятельности с постепенной интеграцией различных сервисов и доступов, сконцентрированных на главном ресурсе Информационной системы (ИС) ИО РАН (рис. 1):

- хранилище исследовательских данных по океанологии OceanDB [3];
- территориально-распределенный стационарный комплекс для долговременных измерений океанологических параметров в реальном масштабе времени [4];
- центр данных ЕСИМО НКОЦ РАН [5];

- универсальный ВЕБ – портал для сбора и хранения данных [6];
- территориально-распределенная корпоративная сеть Института океанологии [3];
- технология видеоконференц-связи [3];
- технология информационной поддержки исследований Мирового океана (в составе ЕСИМО) [7];
- технология доступа к распределенным библиотечным ресурсам отечественных и зарубежных издательств.

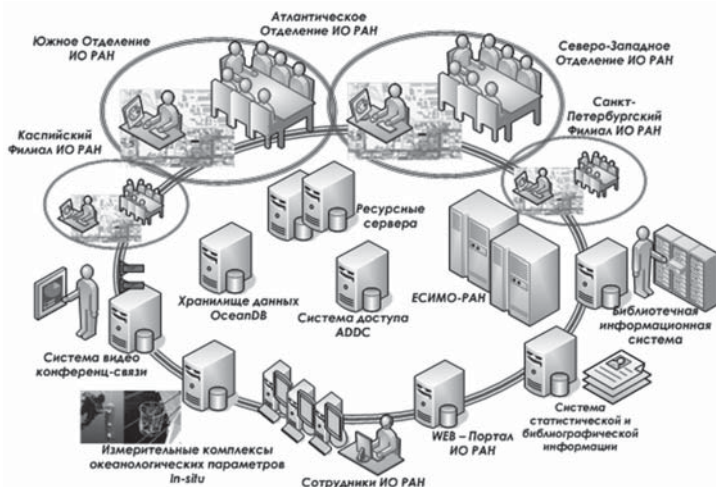


Рис. 1. Обобщенная структурная схема ИСИО РАН

В последнее время активно развивается сервис удаленного доступа к отечественным и зарубежным информационным ресурсам, а также к базам данных ЕСИМО, который существенно расширяет возможности научных коллективов Отделений Института, а также сотрудников, работающих в составе экспедиций вне зависимости от того, в каком регионе они находятся, при этом основным ресурсом становится ИС Института океанологии, а другие территориально-распределенные информационные системы и базы данных необходимые для эффективного проведения научных исследований подключаются через систему доступа ИО РАН [2]. Актуальность информационной системы научного института не вызывает сомнения. Возникают вопросы к ее базовым технологиям, структуре, назначению, функциональности и целевой аудитории. В це-

лом, прототипом для проектирования и организации ИС ИО РАН является технология, реализованная в системе ЕСИМО [5, 7–9]. В тоже время, анализируя публикации разработчиков ИС, обнаруживается широкий спектр вопросов, которые включаются в структуру территориально-распределенных информационных систем научных организаций [10, 11]. Это и системы информационного обеспечения для проведения распределенных научных исследований и Интеллектуальная Система Тематического Исследования Научно-технической информации, созданная в МГУ [10] и другие системы.

Изучение опыта реального использования созданных ИС в отечественных научных и проектных организациях показывает, что в подавляющем большинстве случаев автоматизация ограничивается учетными задачами, а также офисным программным обеспечением. При этом сам процесс выполнения научных исследований осуществляется на программном обеспечении, как правило, представляющего лишь отдельные программы для документооборота, оформления, а также ряда специальных расчетных программ существующих в информационном плане отдельно от информационной системы, по крайней мере, в смысле интегрированных информационных систем. В результате часто приходится слышать, что руководители используют компьютеры только для документооборота, но в действительности им ничего и не предлагается кроме учетных и офисных систем.

В качестве ведомственного варианта Информационной системы, постепенно вооружающей руководителей и научных сотрудников интегрированными средствами обработки научной информации представлена создаваемая в настоящее время Информационная Система ИО РАН (ИСИО РАН) (рис. 1). Создание Информационной Системы Института океанологии преследует основную функциональную цель научной организации – анализ собранной научной информации и производство научной продукции. В качестве основных задач на первом этапе выделяются следующие:

- предоставление сведений о научно-технической информации о Мировом океане, выполненных исследованиях и сопутствующей информации по разделам научной деятельности ИО РАН;
- обеспечение интеграции и предоставление исходной и агрегированной информации потребителям (информационным системам), – интеграция с системой ЕСИМО;
- реализация сервисов для формирования отчетной документации, включая тематические и годовые отчеты, формируемые по вводимым данным о публикациях и выполненных научных работах;

- обеспечение автоматизированного расчета статистических показателей о результатах научной деятельности научных сотрудников, подразделений и Института океанологии в целом;
- формирование сайтов подразделений на основе созданной WEB-платформы в структуре ИСИО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Информационное обеспечение научных исследований.** // http://w3.rfbr.ru/default.asp?article_id.
2. **Свиридов С.А., Зарецкий А.В., Соловьёв В.А., Метальников А.А., Покрышкин А.А. млад., Новиков Ю.В., Попов А.П.** Базовые информационные технологии Института океанологии. // Сборник трудов международной конференции МСОИ-2013, М.: Институт океанологии РАН, 2013.
3. **Метальников А.А., Осипенко М.В., Свиридов С.А., Соловьев В.А., Филипчук Ю.Б.** Хранилище комплексных океанологических данных. // Океанология. М.: Наука, 2005. №. 4.
4. **Свиридов С. А., Пальшин Н. А, Соловьев В. А, Зарецкий А. В., Метальников А. А.** Стационарный комплекс для долговременных измерений океанологических параметров в реальном масштабе времени. // Океанология. 2010. Т.50. № 1. С. 151–160.
5. **Шаповалов С.М., Свиридов С.А., Соловьев В.А., Зарецкий А.В., Метальников А.А.** Центр ЕСИМО РАН-Минэкономразвития РФ. // Материалы X Международной научно-техн. конф. «Современные методы и средства океанологических исследований». М., 2007. Часть III. С.46–50.
6. **Метальников А.А.** Универсальный ВЕБ – портал для сбора и хранения данных. // Сборник трудов международной конференции МСОИ-2013, М.: Институт океанологии РАН, 2013.
7. **Свиридов С.А., Метальников А.А., Зарецкий А.В., Соловьев В.А.** Технология информационной поддержки исследований Мирового океана (в составе ЕСИМО) // В сборнике трудов Международной конференции ИНФОТЕХ-2011. Севастополь, 2011. С.221.
8. **Вязилов Е.Д., Михайлов Н.Н., Мельников Д.А.** Ресурсы и сервисы ЕСИМО для комплексного информационного обеспечения пользователей. // Сборник трудов международной конференции МСОИ-2013. М.: Институт океанологии РАН, 2013.
9. **Гитис В.Г., Вайншток А.П., Дерендяев А.Б., Михайлов Н.Н.** Сетевая ГИС для анализа пространственно-временной информации об обстановке в Мировом океане – Гис ГеоЕСИМО. // Сборник трудов ме-

ждународной конференции МСОИ-2013. М.: Институт океанологии РАН, 2013.

10. **Васенин В.А.** Интеллектуальная система тематического исследования научно-технической информации // <http://istina.imec.msu.ru/accounts/profile/vasenin/>

11. **Гордов Е.П., Окладников И.Г., Титов А.Г.** Разработка Веб-ГИС системы для статистического анализа больших архивов пространственно распределенных данных при проведении комплексных геофизических исследований // Журнал ЭБ, 2009. Том 12. Выпуск 1.

УДК 021

КАК ПРОЙТИ ПО МИННОМУ ПОЛЮ «ОКЕАН ИНФОРМАЦИИ» В ОКЕАНОЛОГИИ И БЕЗ ПОТЕРЬ ВЫЙТИ НА ДРУГУЮ СТОРОНУ

Балак С.С.¹, Чернова А.В.²

*¹Научная библиотека МГУ имени М.В. Ломоносова
Ломоносовский пр., 27, 119192, г. Москва
8(495)939-35-91, svetlanabalak@ya.ru*

*²Ломоносовский пр., 27, 119192, г. Москва
8(495)939-35-84, anna_che@nbmgu.ru*

Paper presents the software named ‘Main library’ developed by the Scientific Library of Moscow State University. The software supports creation and filling corporate catalog of oceanology information including fulltext in pdf format. You manage oceanology information very comfortable using this software.

В докладе представлена разработка Научной библиотеки Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова – «Фундаментальная библиотека» для создания и ведения корпоративного каталога универсальных материалов по океанологии. Авторы доклада представляют программу для создания и ведения электронных каталогов и работы с полными текстами, что позволит легко управлять информацией по океанологии.

Программа является многоцелевой и направленной, как на создание банка данных, так и на предоставление данных широкому кругу ученых.

Программа основана на самых современных информационных технологиях компании Microsoft и является клиент-серверным приложением, что позволяет, при наличии Internet, формировать единый банк данных, находясь в разных зданиях или городах.

В программе «Фундаментальная библиотека» существует возможность ведения независимых тематических баз данных, с одновременным доступом к объединенной базе. Эта функция дает пользователям с одной стороны инструмент для локализации информации, с другой стороны создает единое информационное пространство.

Система обеспечивает мгновенный поиск по технологии Yandex и Google. Поиск, в зависимости от настроек системы, может осуществляться как по описанию документа, так и внутри полного текста с предоставлением цитаты из текста с выделенными поисковыми словами.

Комплекс предоставляет широкие возможности по созданию выходных и статистических отчетов, позволяя печатать информационные карточки.

Доступ к полным текстам может быть ограничен в зависимости от прав пользователя. Полные тексты предоставляются постранично с возможностью поиска фразы внутри документа и выделением текста на странице, как это принято в современных сервисах сети Интернет.

Программа «Фундаментальная библиотека», являясь инструментом ведения библиографических баз данных, фактически становится основой для создания не просто электронной библиотеки, но и ресурсом для информационной поддержки научно-исследовательских работ.

Комплекс обеспечивает внедрение корпоративной технологии в рамках распределенной сети РАН, сокращает затраты (финансовые, трудовые, материальные) на создание и поддержку «океана информации», повышает эффективность обслуживания ученых.

Развитие корпоративной системы позволяет выйти на новый уровень обмена и предоставления информации.

V. МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ПОДВОДНЫХ РАБОТ И РЕАЛИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ ПРОЕКТОВ

АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ ВЫБОРА ПОРОГА СЕЛЕКЦИИ ПОЛЕЗНОГО СИГНАЛА НА ФОНЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОМЕХ

Нерсесов Б.А.¹, Афанасьев М.С.², Карабашева Э.И.¹

¹*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН
Нахимовский пр. 36, 117997, г. Москва,
т. (495) 7190370 nba1940@yandex.ru*

²*Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН,
ул. Моховая, 11, корп.7, г. Москва, т. (494) 3653058.*

В докладе представлен анализ критериев селекции полезного сигнала на фоне технических помех при поиске и обнаружении искомого объекта в условиях помеховой обстановки.

Целью всякого поиска является обнаружение искомого объекта с регистрацией входного сигнала. В условиях помеховой обстановки, на выходе приемного устройства сигнал сравнивается с определенной мерой – пороговым значением селекции (X_c). При этом превышение сигналом порогового значения квалифицируется как сигнал от объекта (полезный сигнал).

Важным этапом оценки эффективности системы поиска и обнаружения является выбор правила решения «сигнал объекта – сигнал помехи», оптимизирующего порог селекции. Как правило, выбор порога селекции сводится к одному из двух классических критериев оценки эффективности: Неймана – Пирсона или Идеального наблюдателя.

При оценке эффективности по критерию Неймана – Пирсона минимизируется значение вероятности ложной тревоги – $P_{лт}$ (0,1–0,001) (рис. 1).

Этот критерий широко используется при решении задач статистической радиотехники, связанных с приемом отраженного сигнала на фоне внутренних шумов приемника.

Особенностью критерия Неймана – Пирсона является неравноценность ошибок P_{np} и $P_{лт}$ (в связи с опасностью нежелательной ситуации «захвата цели по внутренним шумам приемника»).

А поскольку целевой функцией РЛС является минимизация ложной тревоги (недопустимость приема внутреннего шума приемника как полезного сигнала), то значение вероятности пропуска не имеет значения.

$$P_{no} - var$$

$$P_{лм} - const 0,1; 0,01; 0,001$$

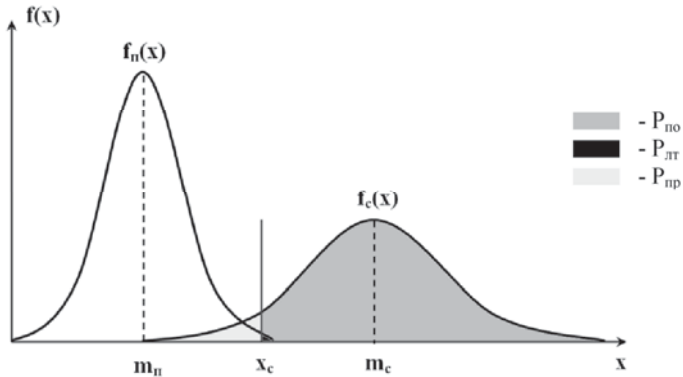


Рис. 1. Выбор порога селекции полезного сигнала по критерию Неймана–Пирсона

При оценке эффективности по критерию Идеального наблюдателя минимизируется средняя ошибка: $P(e) = 0,5 (P_{np} + P_{лм})$ (рис. 2).

$$P_{no} = 1 - P_{np}$$

$$P(e)_{min} = 0,5(P_{np} + P_{лм})$$

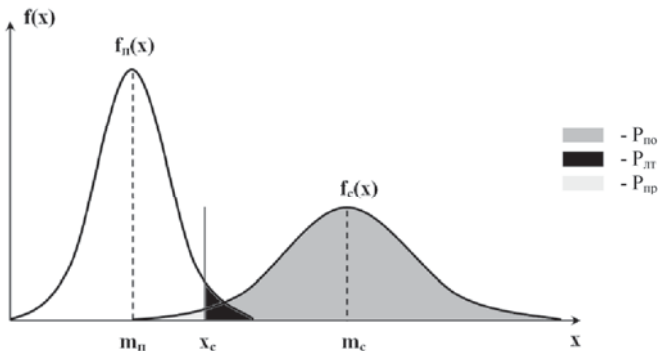


Рис. 2. Выбор порога селекции полезного сигнала по критерию Идеального наблюдателя

При проведении операций по поиску аварийных образцов техники (судна, вертолета, автомашины) важным будет минимизация как ложной тревоги, так и пропуска.

В этом случае весовые коэффициенты этих ошибок (их иерархические отношения) должны быть равны: важно не пропустить объект даже ценой ложной тревоги.

Таким образом, при выполнении поисковой операции (в отличие от радиолокационного обнаружения) наиболее приемлемым является критерий (решающее правило) Идеального наблюдателя с показателем минимального риска – средней ошибки $P(e)$.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. **Левин Б.Р.** Теоретические основы статистической радиотехники. – М.: Советское радио, 1975. 342 с.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОДВОДНОГО ОБЪЕКТА В ТЕРМИНАХ СТАТИСТИЧЕСКОГО РАСХОЖДЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ГИПОТЕЗ

Нерсесов Б.А.¹, Афанасьев М.С.², Карабашева Э.И.¹

¹*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН
Нахимовский пр. 36, 117997, г. Москва
т. (495) 7190370 nba1940@yandex.ru*

²*Институт радиотехники и электроники
им. В.А. Котельникова РАН,
ул. Моховая, 11, корп.7, г. Москва, т. (494) 3653058*

В докладе дана оценка эффективности обнаружения в терминах статистического расхождения альтернативных гипотез. Приводятся правило выбора порога селекции и алгоритмы оценки эффективности обнаружения объекта на фоне внешних источников помех.

Решающее правило выбора порога селекции при обнаружении объекта на фоне внешних источников помех, предполагает оптимизацию меры расхождения альтернативных гипотез «объект – буксировщик (носитель) ММС».

Отметим, что алгоритмы оценки эффективности по критерию «статистического расстояния» предпочтительнее в случаях описания вероятностных моделей сигналов однопараметровыми или многопараметро-

выми, но унимодальными законами. На практике получили широкое распространение «статистические расстояния» Кульбака [1, 2].

Причем дивергенция Кульбака выгодно отличается от других мер расхождения альтернативных гипотез тем, что упрощает алгоритм оценки эффективности селекции.

Как правило, дивергенция как мера расхождения распределений «сигнал–помеха» определяет некоторую усредненную количественную меру отличия гипотез H_1 и H_2 :

$$J(H_1 H_2) = \int_{-\infty}^{\infty} [P_1(x) - P_2(x)] \log \frac{P_1(x)}{P_2(x)} dx,$$

где $P_1(x)$ – условное распределение признака x по гипотезе H_1 ; $P_2(x)$ – условное распределение признака x по гипотезе H_2 .

Заметим, что понятие «дивергенция» (фр. *Divergens* – расхождение), являясь антонимом понятия «конвергенция», обозначает различие свойств независимых друг от друга явлений или объектов.

Дивергенция может быть определена как сумма, так называемых, направленных расхождений гипотез:

$$J(H_1 H_2) = \int_{-\infty}^{\infty} P_1(x) \log \frac{P_1(x)}{P_2(x)} dx + \int_{-\infty}^{\infty} P_2(x) \log \frac{P_2(x)}{P_1(x)} dx = I(H_1 H_2) + I(H_2 H_1),$$

каждое из которых позволяет оценить среднее количество информации в пользу одной из гипотез (H_1 или H_2), и, по существу, представляет математическое ожидание логарифма отношения правдоподобия альтернативных гипотез.

При этом предполагается, что вероятностные меры $P_1(x)$ и $P_2(x)$ абсолютно непрерывны и области их существования совпадают, что вытекает из требования определенности интегралов $I(H_1, H_2)$ и $I(H_2, H_1)$.

Тогда для нормального закона:

$$J(H_1 H_2) = \frac{(m_1 - m_2)^2 (\sigma_1^2 + \sigma_2^2) + (\sigma_1^2 - \sigma_2^2)^2}{2\sigma_1^2 \sigma_2^2}.$$

При $\sigma_c = \sigma_n = \sigma$ алгоритм оценки дивергенции значительно упрощается:

$$J(H_1 H_2) = \left(\frac{m_1 - m_2}{\sigma} \right)^2, \text{ а } \sqrt{J} = \frac{(m_1 - m_2)}{\sigma}$$

или, обозначив $\Delta m = m_1 - m_2$, получим зависимость отношения разности математических ожиданий гипотез от дивергенции: $\Delta m = \sqrt{J} \sigma$.

Анализ зависимости величины расхождения альтернативных гипотез – полезного сигнала и технической помехи, приведенных на рис. 1 и 2, показал, что существуют граничные условия эффективной селекции:

$$\sqrt{J}_{кр} = \frac{m_c - m_n}{\sigma} \geq 6, \text{ при } \sigma_c = \sigma_n = \sigma.$$

Причем, при значительном расхождении гипотез альтернативных распределений ($\Delta m = \sqrt{J}\sigma$), характерных для обнаружения объекта в ближней зоне поиска ($m_c \gg m_n$), имеем случай абсолютной селекции: $\sqrt{J} \geq 6$, $P_{no}=1$, $P(e)=0$ (рис. 1).

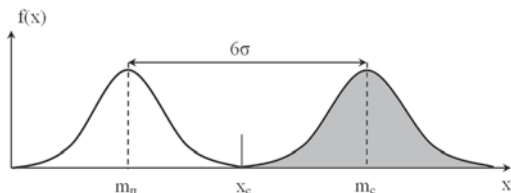


Рис. 1. Пример абсолютной селекции сигнала ПО в ближней зоне поиска

В дальней же зоне поиска, при значительном (пропорционально кубу расстояния) убывании сигнала объекта по сравнению с фиксированным сигналом помехи (буксировщика ММС), расхождение гипотез будет стремиться к нулю ($P_{no}=0,5$, $P(e)=0,5$).

Но, согласно [1], дивергенция – неотрицательна (т.е. $J(H_1, H_2) > 0$), с равенством нулю только в случае тождественности распределений $P_1(x)$ и $P_2(x)$. При этом сигналы объекта и помехи совпадают, что означает границу нулевой эффективности поиска ММС (рис. 2).

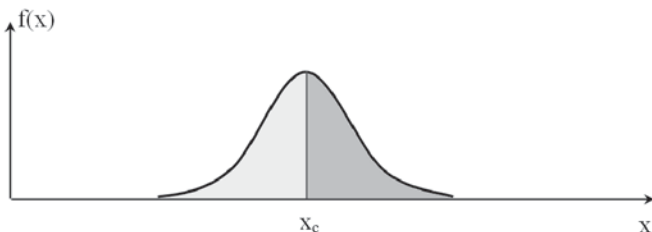


Рис. 2. Пример нулевой селекции сигнала ПО в дальней зоне сканера x_c (и.н.) x_c (н.-п.)

ЛИТЕРАТУРА

1. **Кульбак С.** Теория информации и статистика. М.: Наука, 1967. 227 с.
2. **Нерсесов Б.А.** Использование информационной меры Кульбака в имитационных системах // Методическое обеспечение прогнозов системы народно-хозяйственного планирования. Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции. М., 1988. с. 34–39.

ВЫБОР СТАТИСТИЧЕСКОГО КРИТЕРИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПРИЕМА СИГНАЛОВ

Афанасьев М.С.

*Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН,
ул. Моховая, 11, корп. 7, г. Москва, т. (494) 3653058*

Приводится сравнительный анализ эффективности обнаружения объекта в зависимости от значений дивергенции конкурирующих гипотез для критериев Неймана-Пирсона и Идеального наблюдателя.

Известно, что под оптимизацией понимается процесс нахождения наилучшего решения, обеспечивающего максимальный показатель эффективности.

Для выбора наилучшего решения необходимо провести сравнительный анализ эффективности в зависимости от значений дивергенции конкурирующих гипотез для критериев Неймана-Пирсона и Идеального наблюдателя (рис. 1).

Таблица 1. Значения отношений $P_{\text{по}}$ для критериев Идеального наблюдателя и Неймана-Пирсона в зависимости от дивергенции

$\sqrt{J}$	1	2	3	4	5	6
$P_{\text{по}}(\text{и.н})/P_{\text{по}}(\text{н.-п.})$	0,47	0,40	0,23	0,06	0,04	0,01

Анализ графика, приведенного на рис. 1, показывает, что особенно при значении $\sqrt{J} < 2$, критерий идеального наблюдателя значительно эффективнее критерия Неймана-Пирсона.

На рис. 2 и в табл. 3 приведена иллюстрация выбора оптимального порога принятия решения в зоне квазиабсолютной эффективности: $\sqrt{J} = 4$; ($\Delta m = 4\sigma$) .

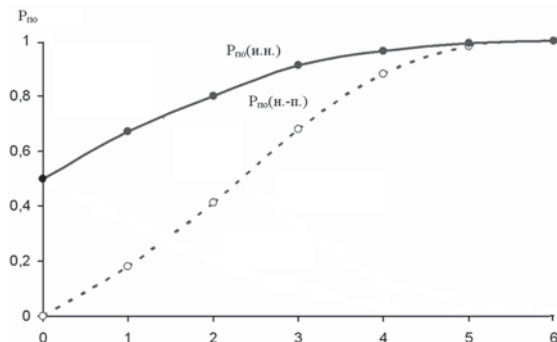


Рис. 1. Графики значений вероятностных характеристик селекции для критериев Неймана-Пирсона и Идеального наблюдателя (в зависимости от значений дивергенции)

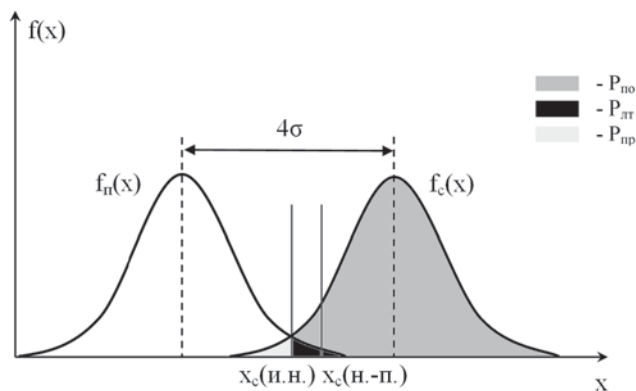


Рис. 2. Пример выбора оптимального порога селекции по критериям Идеального наблюдателя и Неймана – Пирсона (в зоне квазиабсолютной эффективности)

На рис. 3 приведена иллюстрация выбора оптимального порога принятия решения при значениях: $\sqrt{J} = 2$; ($\Delta m = 2\sigma$) .

Таблица 3. Значения вероятностных характеристик в зависимости от выбора оптимального критерия принятия решения (в зоне квазиабсолютной эффективности)

$\sqrt{J}=4$	P_{no}	P_{np}	$P_{лт}$	$P(e)$
Идеальный наблюдатель	0,9	0,06	0,06	0,06
Нейман-Пирсон	0,88	0,11	0,01	0,06

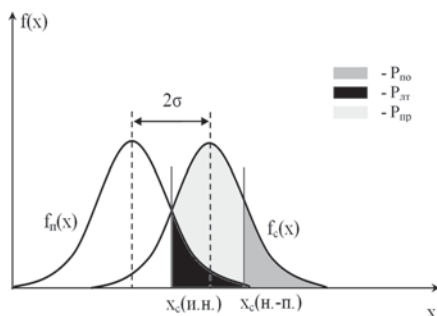


Рис. 3. Пример выбора оптимального порога селекции по критериям Идеального наблюдателя и Неймана – Пирсона (в зоне относительной эффективности)

Таблица 4. Значения вероятностных характеристик в зависимости от выбора оптимального критерия принятия решения (в зоне допустимой эффективности)

$\sqrt{J}=2$	P_{no}	P_{np}	$P_{лт}$	$P(e)$
Идеальный наблюдатель	0,8	0,2	0,2	0,2
Нейман-Пирсон	0,4	0,6	0,01	0,305

Таким образом, установлено, что при поиске подводных объектов средствами морской магнитометрии критерий Идеального наблюдателя является оптимальным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айзерман М.А., Малишевский А.В. Некоторые аспекты общей теории выбора наилучших вариантов. – М., Институт проблем управления, 1990. 363 с.
2. Кульбак С. Теория информации и статистика. М.: Наука, 1967. 227 с.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ДЛИНЫ ТРОСА БУКСИРУЕМОГО МАГНИТОМЕТРА

Нерсесов Б.А.¹, Афанасьев М.С.²

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН
Нахимовский пр. 36, 117997, г. Москва
т. (495) 7190370 nba1940@yandex.ru

²Институт радиотехники и электроники
им. В.А. Котельникова РАН,
ул. Моховая, 11, корп. 7, г. Москва, т. (494) 3653058

В докладе описывается метод определения длины кабель-троса, для достижения наибольшей эффективности обнаружения подводного объекта.

Традиционно длина кабель – троса буксируемого магнитометра определяется с учетом его чувствительности, а также магнитных характеристик судна-буксировщика. Как правило, при модуле магнитного момента судна 250 Эм³ и чувствительности датчика 0,1 нТл, необходимая длина буксировочного троса составляет 630 м.

Как показали исследования, по мере увеличения длины буксировочного троса воздействие сигнала помехи буксировщика снижается, но возрастает амплитуда пространственно-временных эволюций буксируемой гондолы с датчиками и, связанная с этим, техническая помеха.

Таким образом, оптимальное расстояние «буксировщик – ММС» можно определить требуемым уровнем эффективности обнаружения ПО с учетом магнитных характеристик подводного объекта, буксировщика, а также значений полезного сигнала, сигнала помехи, и пространственных эволюций ММС в полосе поиска.

Согласно [1] средний уровень амплитуды полезного сигнала (m_c) определяется как: $m_c = m_n + \sqrt{J} \cdot \sigma$, где m_c – среднее значение амплитуды сигнала; m_n – среднее значение амплитуды помехи; $\sqrt{J}$ – корень квадратный дивергенции гипотез «сигнал-помеха», σ – среднеквадратичное отклонение сигнала, вызываемое эволюциями ММС. Причем для заданной эффективности $P_c=0,9$ и $P(e)=0,1$ значение $\sqrt{J}$ составит 4.

В табл. 1. и на рис. 1 приведены зависимости значений сигналов объекта, помех буксировщика и ММС за счет эволюций гондолы от длины троса (L_0) за крупнотоннажным судном при поиске подводного объекта (250 Эм³) с заданной эффективностью $P_c=0,9$ и $P(e)=0,1$.

Таблица 1. Зависимости значений сигналов объекта, помех и эволюций гондолы от длины троса за крупнотоннажным судном для обеспечения заданной эффективности $P_c=0,9$ и $P(e)=0,1$

L_6 (м)	630	450	315	157
m_n (нТл)	0,1	0,4	0,8	6,4
4σ (нТл)	4,4	3,5	3,0	2,1
m_e (нТл)	4,5	3,9	3,8	8,5

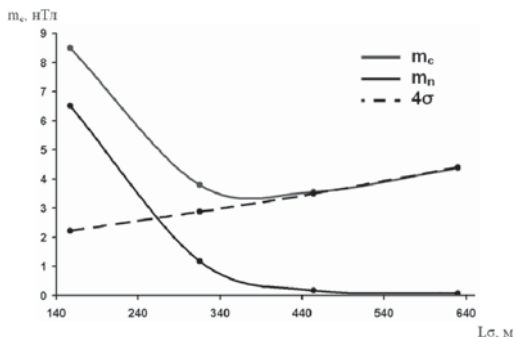


Рис. 1. График зависимости значений сигналов объекта, помех и эволюций гондолы от длины троса крупнотоннажного судна

Анализ данных, приведенных на рис. 1, позволяет определить оптимальную длину буксировочного троса равную 315 м, которой соответствует требуемое значение среднего значения полезного сигнала – 3,8 нТл.

В табл. 2 и на рис. 2 представлены зависимости среднего значения сигнала объекта от эффективной дальности – D_n , анализ которых позволяет установить, что уменьшение длины буксировочного троса в два раза (с 630 м на 315 м) позволил не только снизить ошибку, вызываемую эволюцией ММС, в 1,47 раза, но повысить эффективную дальность обнаружения ПО-(250 Эм³) с 180 м до 190 м.

Таким образом, разработанный метод оптимизации длины кабель – троса позволил (при использовании крупнотоннажного судна-буксировщика ММС) уменьшить длину его кабель – троса в два раза (с 630 м на 315 м) и, тем самым, снизить ошибку, вызываемую эволюцией гондолы с ММС, сохранив при этом эффективную дальность обнаружения затонувшего судна.

Таблица 2. Зависимости средних значений сигналов объекта и эффективной дальности его обнаружения от длины троса

Лб (м)	m_c (нТл)	Дн э
630	4,5	180
315	3,8	190

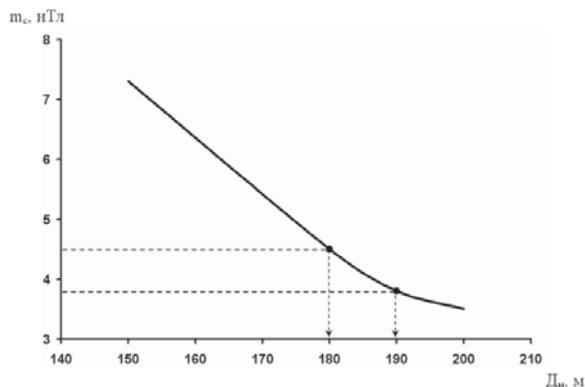


Рис. 2. График зависимости среднего значения сигнала затонувшего судна от эффективной дальности – Дн э

ЛИТЕРАТУРА

1. **Нерсесов Б.А.** Методы статистической оценки. Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции // МАИ. М., 1988. с. 23–28.

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА «ОСВОЕНИЕ ОКЕАНА»

Красносельский С.А.

Россия, Москва, Kras-s@yandex.ru

Это последний универсальный, системный ресурс Человечества. Но это если мы начнём с ним правильно обходиться. Пока этот ресурс постепенно истощается. Он не выглядит уже столь огромным, бездонным и недоступным. В самом деле, рыбные запасы уменьшились. Загрязнение Океана принимают катастрофический характер. Дело в том, что он ничей. И о нём никто специально не заботится.

Освоение Океана должно дать средства для его защиты. Осознание ценности океана постепенно происходит. Но носит пока, в основном, гуманитарный, умозрительный характер. А нужна действенная, практическая деятельность.

Необходимы кадры профессионалов. Необходимы учебные программы. Не экология в общем информационно-агитационном виде, а конкретные проекты деятельности.

В новых условиях нет смысла начитывать лекции – информации в избытке. В то же время у школьников и студентов наблюдается дефицит практических знаний и умений. Они не учатся реализовать информацию и решать проблемы.

Предлагаются проектные учебные программы по комплексу направлений освоения Океана. Кроме самого практического направления, работа над проектами повышает мотивацию изучения предметов основной учебной программы. В этом случае знания приобретают не удалённую во времени ценность для сдачи экзаменов и использования в работе после обучения, а применяются непосредственно для решения проектных проблем.

Учащиеся приобретают качества решателей проблем: умение делать выбор, принимать решения, смелость и вкус творческих побед.

Проекты разрабатываются по основным направлениям в освоении океана. В каждом направлении могут разрабатываться тысячи учебных проектов.

Основные направления проектных разработок:

Мореплавание. От истории до перспектив на будущее.

Искусственные острова в Океане. На островах люди живут издавна. Пришло время создавать искусственные острова, где жизнь будет построена рационально и связана с работой в океане.

Жизнь под водой. Это огромные площади, точнее объёмы для расселения будущих поколений. Кусто начал новую эпоху, но тогда наступление захлебнулось. Теперь миллионы дайверов продолжают его дело. Пока это в основном туризм. Этой деятельности стоило бы придать осмысленность.

Подводные суда и другие средства передвижения.

Физиология подводных погружений.

Марикультура. Давно пора от собирательства и охоты перейти к подводным «земледелию» и «фермерству».

Добыча полезных ископаемых. Минеральные ресурсы океана пока используются в ограниченных масштабах и в основном на шельфе. Расширение должно происходить с усилением мер защиты. Непремен-

ным условием должно быть отчисление средств на охрану океана и его обитателей.

Главный ресурс – сама вода. Недалеко то время, когда пресной воды станет не хватать.

Энергия Океана. Океан может стать возобновляемым источником энергии не влияющим на тепловой баланс. Все работы и жизнь в океане должны обеспечиваться энергией океана.

Экономика Океана. Представляется сложной и специальной дисциплиной, которая начала разрабатываться сравнительно поздно и представляется перспективной областью экономики.

Рекреация. Вода остаётся неперменным условием полноценного отдыха. Для огромного большинства людей отдых этот редок и кратковременен. Не исключено, что в будущем многие захотят жить и работать непосредственно на берегу или на просторах океана, чтобы отдыхать ежедневно, а не только раз в году.

Исследования. Глубины Океана по-прежнему остаются таинственными и неисследованными. Ведь человек побывал в них только точечно. Они обследованы хуже Антарктиды или дебрей Амазонки. То есть эти глубины долго будут питать исследовательский зуд молодых поколений. Достаточно вспомнить, сколько на дне лежит не найденных остатков кораблекрушений. А возможно, и затонувшие цивилизации. Стоит обследовать глубины хотя бы затем, чтобы убедиться, что их там нет.

Все указанные направления и многие другие могут быть охвачены учебным проектированием. Проекты могут доводиться до стадии моделирования и макетирования и даже натурального опробывания, для чего сейчас нет непреодолимых препятствий. Темы проектов могут получать продолжение в профессиональной деятельности их авторов.

К руководству разработками могут привлекаться специалисты из различных учреждений, связанных с тематикой. Примерно так, как в прежнее время руководили учебными проектами сотрудники отраслевых институтов и КБ.

Возможно, нецелесообразно вводить обучение по проектным программам во всех школах. Можно создать профильные школы, так как были математические, языковые, технологические, космические школы.

Заключение

Итак, будущее – океан. Можно сейчас обеспечить себя работой и достойным существованием в будущем, выбрав одно из направлений работы в океане.

ПОСТРОЕНИЕ ВИДЕОМОЗАИКИ НА ОСНОВЕ СЛАБОКОНТРАСТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДОННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Кропотов А.Н., Макашов А.А., Сахарова Е.И., Плюсунов В.М.

*НИИ СМ МГТУ им. Н.Э. Баумана
ул. 2-я Бауманская д.5, 105005, Москва
тел. (499)261-36-14, e-mail: niism@sm.bmstu.ru*

This paper deals with problem of constructing high-quality mosaic of sea bed. It focuses on the problem of low-contrast video samples. The optical flow and features tracking methods will be discussed. A new approach for combining different tracking methods will be introduced.

Построение масштабированного фотоплана, или мозаики, позволяет существенно упростить планирование, подготовку и проведение подводных миссий. Такая мозаика позволяет отыскать объекты интереса на дне, оценить их размеры и взаимное расположение. Как правило, составление такой мозаики осуществляется в режиме постобработки ранее отснятого изображения. Стоит отметить, что аналогичная задача возникает не только в подводной технике, но и, например, в авиационной, при решении задач аэрофотосъёмки.

В большинстве случаев для решения такой задачи используются показания внешних датчиков [1–3]. Однако такой подход к решению задачи не позволяет обрабатывать съёмки, для которых отсутствуют документированные показания инерциальной навигационной системы и/или иных датчиков, либо их невозможно синхронизировать с видеорядом.

Другой возможный подход к решению данной задачи предложен, в частности, в [4; 5]. Этот подход основан на расчёте межкадровых смещений на основе какого-либо алгоритма сопровождения, и последующем построении мозаики на основе рассчитанных данных. В работе [6] продемонстрирована хорошая работоспособность предложенного метода для обработки съёмок кораллового рифа.

Предложенный выше вариант построения мозаики планируется использовать в рамках ОКР «Водолаз». Однако, как показал опыт разработки телевизионных систем НИИ СМ (см. [7; 8]), применение предло-

женных алгоритмов может быть существенно затруднено в условиях недостаточной освещённости, слабоконтрастного грунта и наличия взвеси. Поэтому, в рамках повышения эффективности ОКР было принято решение провести сравнение различных методов сопоставления изображений.

Использовались два различных класса методов сопоставления: основанный на методе оптического потока [9–11], и методы на основе сопоставления дескрипторов (matching). Из второй категории использовались SIFT [12], SURF [13], ORB [14], BRISK [15] и FREAK [16]. Сравнение различных методов приведено на рис. 1.

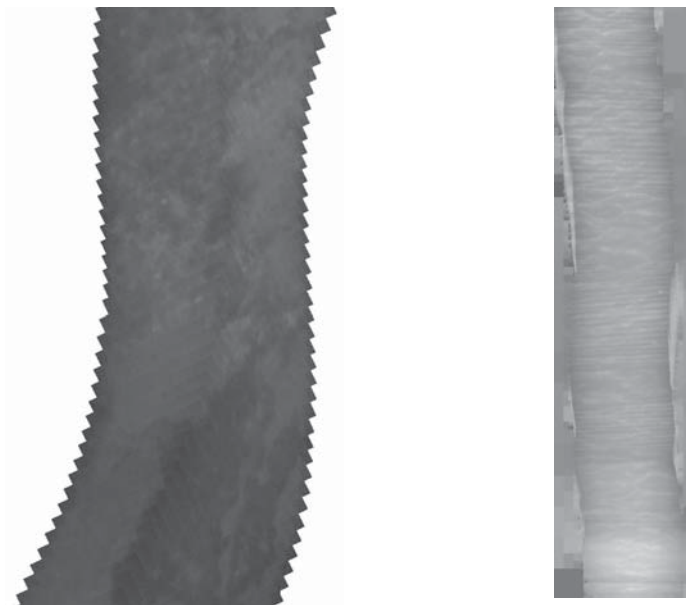


Рис. 1. Мозаика, полученная методом оптического потока (слева) и SURF (справа)

Моделирование осуществлялось с использованием пакета OpenCV 2.4.4. При проведении исследования использовались различные наборы данных для проверки точности и работоспособности алгоритмов: тестовые съёмки, проведённые на стенде в лаборатории, данные аэрофото-съёмки, съёмки в бассейне ЦАГИ, реальные морские съёмки.

Приведённые в докладе исследования показывают, что эффективность различных методов существенно изменяется в зависимости от

условий съёмки. Так, например, методы BRISK и FREAK, обладающие высокой скоростью работы при обработке высококонтрастного изображения, имеют существенную погрешность, либо вообще неработоспособны в условиях низкоконтрастного изображения.

Кроме того, в докладе рассматривается вопрос совместного использования различных дескрипторов с целью повышения надёжности сопоставления, и уточнение координат методом оптического потока.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. **Aronson R., Precht W.** Landscape patterns of reef coral diversity: a test of the intermediate disturbance hypothesis // *Journal of Experimental Marine Biology and ...*. 1995. Т. 192. С. 1–14.

2. **Labbé D., Wilson P.** FREESUB: Navigation Guidance and Control of an IAUUV // *Royal Institution of Naval ...*. 2004.

3. **Wadhams P.** The use of autonomous underwater vehicles to map the variability of under-ice topography // *Ocean Dynamics*. 2012. Т. 62. № 3. С. 439–447.

4. **Gracias N., Santos-Victor J.** Automatic mosaic creation of the ocean floor // *OCEANS'98 Conference ...*. 1998.

5. **Gracias N., Santos-Victor J.** Underwater mosaicing and trajectory reconstruction using global alignment // *OCEANS, 2001. MTS/IEEE ...*. 2001.

6. **Gintert B.** Third-Generation Underwater Landscape Mosaics for Coral Reef Mapping and Monitoring // *icrs2012.com*. 2012. № July. С. 9–13.

7. **Артюхов М.Ю. и др.** Применение системы обработки телевизионной информации для автоматизации посадки спасательного аппарата на комингс-площадку подводной лодки // *Оборонная техника*. 2011. Т. 23. С. 86–90.

8. **Артюхов М.Ю. и др.** Опыт создания системы локальной видеонавигации для подводных аппаратов // *Техническое зрение в системах управления мобильными объектами – 2010., 2011.* С. 1–15.

9. **Shi J., Tomasi C.** Good features to track // ..., 1994. *Proceedings CVPR'94., 1994 IEEE ...*. 1994. № June.

10. **Birchfield S.** Derivation of kanade-lucas-tomasi tracking equation // 1997. С. 1–2.

11. **Zokai S., Wolberg G.** Image registration using log-polar mappings for recovery of large-scale similarity and projective transformations. // *IEEE transactions on image processing: a publication of the IEEE Signal Processing Society*. 2005. Т. 14. № 10. С. 1422–34.

12. **Grabner M., Grabner H., Bischof H.** Fast Approximated SIFT // 2006. С. 918–927.
13. **Bay H. и др.** Speeded-up robust features (SURF) // Computer vision and image 2008. Т. 110. № 3. С. 346–359.
14. **Rublee E. и др.** ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF // 2011 International Conference on Computer Vision. 2011. С. 2564–2571.
15. **Leutenegger S., Chli M., Siegwart R.Y.** BRISK: Binary Robust invariant scalable keypoints // 2011 International Conference on Computer Vision. 2011. С. 2548–2555.
16. **Alahi a., Ortiz R., Vanderghenst P.** FREAK: Fast Retina Keypoint // 2012 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2012. С. 510–517.

АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ

Горлов А.А.

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,
Нахимовский пр., 36, 117997, г. Москва,
8 (499) 129 19 90, oceangorlov@yahoo.com*

The report discusses the concept of an autonomous system of oceanological research, based on different types of renewable ocean energy and examples of the possible use of such a system.

В докладе рассмотрена концепция автономной системы океанологических исследований на базе различных видов возобновляемой энергии океана. Приводятся примеры возможного использования такой системы.

Первые предложения по использованию энергии океана для подводных аппаратов в ИО АН СССР прозвучали еще в 1982 году [1]. В дальнейшем это научное направление поддержали директор Института академик Монин А.С. [2] и профессор Ястребов В.С. [3], возглавлявший направление Морской техники, а затем до 1992 года бывший директором Института. Нами была разработана концепции «микроэнергетики океана» – энергоснабжение автономных средств долговременных океанологических исследований за счет возобновляемой энергии океана [4]. В трудные девяностые годы такой подход применительно к подводным микропроцессорным зондам – роботам («robotic tools») поддержал за-

меститель директора по Морской технике профессор Утяков Л.Л. [5]. Однако к 1995 году финансирование было прекращено и работы по этому направлению возобновились в ИО РАН лишь в последние годы.

Микроэнергетика океана – так же, как возобновляемая океанская энергетика большой и средней мощности, – относится к научно-техническим направлениям двойного назначения. Гражданские программы регулируют создание долговременных средств и систем исследования Мирового океана с использованием для их энергообеспечения маломощных преобразователей. Такие автономные аппараты и системы дают возможность экономить значительные экспедиционные расходы (в частности, на топливо для судов и кораблей) и обеспечивают уникальные возможности для долговременного сбора и передачи информации. Военные программы предусматривают создание специальных автономных автоматических необитаемых подводных аппаратов (АНПА), различных поверхностных и глубоководных глайдеров и других специальных технических средств. В большинстве случаев для гражданских и военных программ за рубежом применяются одни и те же «беспилотники», отличающиеся друг от друга своим предназначением («миссиями»). На базе этих и других автономных средств океанотехники с энергоснабжением от возобновляемой энергетики океана могут быть созданы автономные автоматические системы долговременных океанологических исследований (АСОИ).

В последние десятилетия больших успехов в создании подводных роботов достиг Институт Проблем морских технологий ДВО РАН, где под руководством академика Агеева М.Д. была подробно разработана концепция АСОИ [6]. Дальнейшее развитие этой концепции АСОИ предлагается нами в виде концепции распределенной системы (рис. 1) с энергообеспечением всех ее основных элементов от комбинации различных возобновляемых источников энергии океана (АСОИ ЭО), включая солнце и ветер на его поверхности [4]. Для реализации таких сетей необходима разработка и создание блоков преобразователей океанской энергии трех основных уровней мощности: первый до 100 Вт – для подвижных автономных «robotic tools» (АИП) и привязных измерительных платформ (ПИП); второй до 50 кВт – для стационарных узловых платформ (СУП), призванных обеспечивать энергией ПИП и подводную подзарядку АИП через блоки стыковки; третий свыше 1 МВт – для региональных обитаемых базовых плавучих платформ сбора и обработки данных (БПД), вокруг которой формируется сеть СУП. Все АИП, ПИП, СУП и БПД имеют различные каналы связи между собой (кабельные, радио, гидроакустические, спутниковые и т.п.) с возможностью выхода

в Интернет. Роль ПИП могут выполнять различные блоки измерительных датчиков, зонды вертикального профилирования, привязные плавучие и донные НПА, видеокамеры, сейсмические станции, донные обсерватории. В качестве АИП могут быть разнообразные АНПА, глайдеры, дрейфтеры, ныряющие зонды типа ARGO. Для конструкций СУП могут использоваться донные соединительные модули, подобные модулям кабельной сети «NEPTUN Canada», погружные и поверхностные буйковые океанологические станции с энергоблоками на базе энергетики океана.

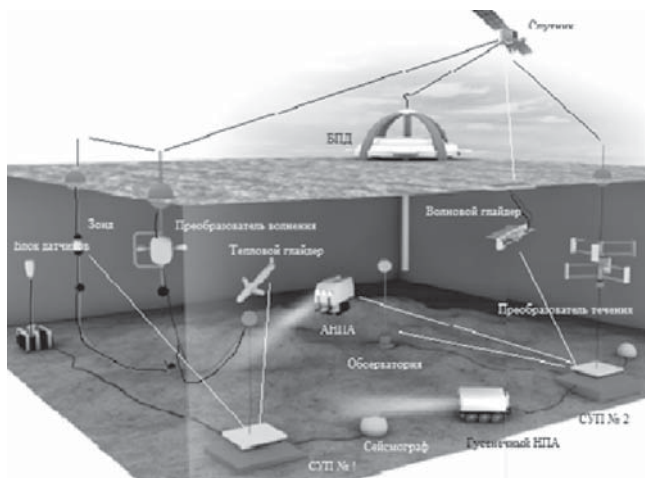


Рис. 1. АСОИ ЭО – Автоматизированная система океанологических исследований на базе возобновляемой энергетики океана

Практическая возможность создания необходимых для СУП и БПД преобразователей океанской энергии подтверждается многочисленными испытаниями и коммерческими внедрениями зарубежных демонстрационных установок, использующих энергию океана мощностью от сотен киловатт до нескольких мегаватт. Создание АСОИ ЭО потребует решения комплекса серьезных технических задач: нужно будет разработать и реализовать проекты модулей одиночных и комбинированных преобразователей энергии волн, течений, солнечной радиации, тепла, приливов, солености, ветра, донных гидротерм, а также изготовить буферные накопители энергии океана, внедрить узлы подводной стыковки и расстыковки СУП и АИП, обеспечить подводную подзарядку элементов сис-

темы. Но с другой стороны, использование АСОИ ЭО не потребует таких затрат, как для существующих и планируемых кабельных систем для океанологических наблюдений, ее элементы и преобразователи энергии могут быть выполнены из унифицированных сменяемых модулей, как для АИП, ПИП, так и для СУП. Такой подход позволит, в отличие от кабельных систем, легко устанавливать АСОИ ЭО в заданной акватории и при необходимости так же легко её снимать для развертывания системы в новом регионе океана. Основные узлы системы могут быть интегрированы в систему глобальных наблюдений за Мировым океаном (GOOS). В то же время, такая же концепция может стать основой создания распределенных систем долговременного наблюдения за надводной и подводной обстановкой или иных сетевых сенсорных информационных систем типа оборонительной структуры Net-Centric Defense. Американские специалисты уже активно ведут работы в этом направлении. Так, в 2007 г. компания OPT получила от ВМФ США заказа на поставку волнового буя PowerBuoy для автономного обеспечения энергией глубоководных систем сбора данных об океане (DWADS). А через два года компании было выдан уже первый грант в \$15 млн из четырехлетней программы LEAP (Littoral Expeditionary Autonomous PowerBuoy), которая направлена на усиление возможностей в борьбе с терроризмом и повышение обороноспособности страны. На первом этапе энергобуй должен обеспечивать в течение 3 лет автономное питание подводного радара системы обнаружения близ побережья Нью-Джерси. Подобные системы предполагается широко развернуть для морского наблюдения за береговой зоной, портами, причалами и акваториями. Система с PowerBuoy продемонстрировала свою высокую надежность в жестких штормовых условиях урагана Ирена: не возникло потребности в оперативном вмешательстве, энергообеспечение не прерывалось ни на секунду, поддерживалась устойчивая связь с береговой станцией. Другим примером активности США, направленной на созданию элементов АСОИ ЭО, является разработка и испытания в последние годы Институтом MBARI при финансовой поддержке DAPRA волнового буя мощностью 400 Вт, предназначенного для энергообеспечения подводной зарядки аккумуляторов нескольких АНПА путем их последовательной автоматической состыковки с терминалом в подводном гараже, связанным с волновым буюм. У нас в России, в рамках недавнего договора между ОАО «Газпром» и ТК «Роснефть» о совместных работах на шельфе, в соответствии с концепцией АСОИ ЭО перспективно создание «Системы долговременного экологического наблюдения за подводной и подледной обстановкой в районах базирования нефтегазовых буровых

платформ на Арктическом шельфе». Такая система могла быть также расширена для метеорологии, гидрографического и навигационного обеспечения Северного Морского пути, в интересах МЧС, ВМФ и Арктических войск РФ. Помимо энергии ветра, волнения и приливных течений в Арктике очень перспективно использование тепловой энергии океана. В этом случае разность температур определяется относительно теплой подледной водой и морозным наружным воздухом. Арктические ОТЕС отличаются от тропических установок сезонных характером работы, в теплое время года требуется переход на другие источники энергии – например, дизель. Для АСОИ ЭО на шельфе Арктики необходимо начать разработки преобразователей как прямого действия малой мощности, так и турбогенераторных установок средней и большой мощности. Исследования по АОТЕС проводились в СССР рядом организаций, в первую очередь ИПМТ под руководством д.т.н. Ильина А.К., а также в ИО АН СССР [7], что обеспечивает сегодня начальный научно-технический задел. Необходимо будет также получить дополнительные гидрометеорологические и гидрологические данные в местах предполагаемой установки платформ и других местах, интересных для развертывания системы, из архивов ИО РАН и других организаций, а также путем новых экспедиционных работ. Обычно, на практике внедрению преобразователей средней и большой мощности также предшествуют обширные океанологические и экологические исследования.

Анализ зарубежных достижений [8] показал большую перспективность использования возобновляемой энергетики океана как инновационного направления, применимого и в гражданских, и в оборонных программах, в том числе и в рамках технологической платформы «Освоение океана». Для реального создания АСОИ ЭО требуется четкая координация разработок в области подводной техники, океанотехники, судостроения, традиционной и возобновляемой энергетики, электромашиностроения и новейших современных материалов, надежных и долговечных в морской среде. Такую роль, при соответствующей финансовой и организационной поддержке, мог бы, как и 20 лет назад, снова выполнять ИО РАН. При этом следует учитывать центральное территориальное расположение Института, огромный опыт экспедиционных исследований, значительные результаты в создании и эксплуатации морской техники, обширные архивы океанологических данных, мультипрофильность специалистов различных научных направлений и базовых кафедр в МФТИ, МГУ, а также наличие ПОА и другой океанотехники, экспедиционных судов и экспериментальных баз в Отделениях Института во многих регионах нашей страны. Конечно, реализации такой масштаб-

ной цели не возможна без тесной кооперации прежде всего с ИПМТ ДВО РАН, ОКБ ОТ, МГТУ им.Н.Э.Баумана, ОАО «Концерн Моринфорсистема – АГАТ», Арктическим научно-проектным центром шельфовых разработок (Роснефть), Управлением техники и технологии разработок морских технологий (Газпром) и другими ведущими российскими организациями. У нас еще с советского периода сохранился неплохой научно-технический задел в этой области, в стране имеются высококлассные специалисты и огромные производственные мощности. Однако выход России на мировой рынок использования энергетики океана возможен лишь при условии поддержки этого направления заинтересованными государственными организациями и ведущими корпорациями.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Горлов А.А.** Утилизация энергии океана для снабжения подводных аппаратов. Сб. «Тезисы докладов 2-го Всесоюзного съезда океанологов». Ялта, «Таврия», 1982.
2. **Горлов А.А., Мониин А.С.** Современное состояние развития подводных технических средств. Государственный комитет СССР по науке и технике, АН СССР, ВИНТИ, М, 1984 г.
3. **Горлов А.А., Ястребов В.С.** Электроэнергетические установки подводных аппаратов. «Судостроение». Л., 1987.
4. **Горлов А.А.** Энергетика океана для океанологических исследований Материалы X11 международной научно-технической конференции «Современные методы и средства океанологических исследований», ИО РАН, М., 2011.
5. **Gorlov A.A., Lappo S.S., Utiakov L.L.** A specialized autonomous underwater vehicles for ocean observing system. Proceeding of Autonomous Underwater Vehicle Technology, Abstracts AUV Boston, 1994.
6. **Агеев М.Д.** Автономные подводные роботы, Наука, М., 2005.
7. **Gorlov A.A.** Temperature differences in the ocean at low latitude and between sea and river water and air at high latitude. Electronic Encyclopedia of life support systems (EOLSS), Ocean Energy, London, UK, www.eolss.net, 2004.
8. **Горлов А.А.** Бездна энергия. Прорыв в будущее. Журнал Объединенной судостроительной корпорации. №№ 2(10),3(11),4(12) 2012.

АВТОНОМНЫЕ СРЕДСТВА ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА БАЗЕ ВОЛНОВОЙ ЭНЕРГИИ

Горлов А.А., Серых В.Я.

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН
Нахимовский пр., 36, 117997, г. Москва
8(499)129 19 90, oceangorlov@yahoo.com*

The article considers autonomous automatic technical means for ocean research using wave ocean energy. This paper describes the design of such vehicles and also here provides an analysis of the energy ocean converters for these devices.

В докладе рассмотрены автономные автоматические средства океанологических исследований, использующих волновую энергию океана. Приводятся технические данные этих аппаратов. Рассматриваются преобразователи энергии океана таких устройств.

В последние годы в Лаборатории океанологических измерений ИО РАН возобновились работы по «микроэнергетике океана», целью которых является разработка и создание модулей преобразователей энергии океана в десятки ватт для средств долговременных океанских исследований [1]. Большие перспективы для таких проектов имеет волновая энергия океана [2]. Кроме разнообразных стационарных буйковых волновых установок, существуют десятки технических предложений и патентов на использование энергии ветрового волнения для направленного движения плавсредств. Одним из таких вариантов является подводная крыльевая система, аналогичная судовой системе успокоителей качки. Принципы работы и математическая модель погружной крыльевой системы преобразования энергии волнения в энергию движения АНПА приведена в трудах академика РАН Агеева М.Д. [3]. Такие «беспилотники» могут перемещаться только под поверхностью воды, не совершая погружений в глубины океана. Но и этого оказывается достаточно для решения многих исследовательских и прикладных задач. На основе подобного технического предложения в 2007 году небольшая американская компания «Liquid Robotics» начала разработку волнового АНПА «Wave Glider» при финансовой поддержке военных, а с 2009 году успешно провела с этим глайдером серию натурных испытаний и заказных работ. настолько успешно, что в 2012 году компания получила дополнительные

гранты от ВМФ США на сумму более \$3 млн и из Силиконовой долины в \$20 млн США. Волновые колебания значительно уменьшается с глубиной. Именно этот эффект заложен в конструкцию АНПА, состоящего из поплавка на поверхности, соединенного кабелем с самим глайдером, скользящим на глубине около 7 м (рис. 1). Семь поперечных крыльев, закреплённых шарнирно на подводном глайдере, обеспечивают тяговую силу аппарата, независимо от направления волнения. При подъеме волны поплавок поднимается и поднимает глайдер, что обеспечивает давление крыльев вниз и тягу вперед, а при спаде волны глайдер также погружается, крылья производят давление на воду вверх и снова обеспечивают тягу вперед. Этот процесс повторяется снова и снова, пока высота волны не уменьшится до 0,5 м.

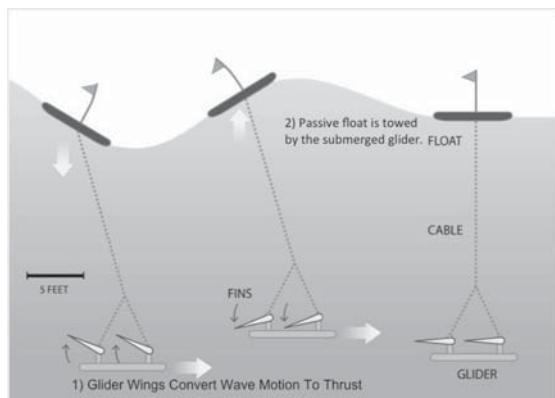


Рис. 1. Схема работы АНПА «Wave Glider»

Поплавок в виде доски для серфинга из композитных материалов имеет водоизмещение 150 кг при длине 2,0 и ширине 0,6 м, а глайдер – длину 1,9 м, крылья – длину 1,07 м, масса всего аппарата – 90 кг. Развиваемая глайдером скорость от 0,4 до 2,0 узлов. Работа волновой движительной установки практически бесшумная. Аппарат «Wave Glider» имеет минимальную визуальную и радио заметность, легко транспортируется, в том числе вертолетами. В случае, если крупное морское животное попытается утащить АНПА на глубину, поплавок автоматически отделяется от кабель-троса. Подводный глайдер оснащен управляемым рулем. В поплавке размещены два герметичных блока с электроникой. Сверху каждого блока на поверхности поплавка установлены две панели солнечных элементов со спутниковой антенной и короткой мачтой

между ними для гидрометеорологических датчиков. Для измерительных блоков, бортовой электроники, связи используются ионно-литиевые аккумуляторы емкостью 665 Ватт-часов, подзаряжаемые от солнечных элементов. Для подзарядки необходима максимально пиковая мощность 80 Вт, непрерывно потребляемая мощность системой управления 1,5 Вт. Бортовое напряжение 13,2 вольт, максимальный ток потребления до 10 ампер. Спутниковая связь системы Iridium® 9601. Имеется акустический телеметрический модем, система GPS, бортовой компас точно-стью до одного градуса, система управления и навигации с точностью до 3 м. На поплавке установлена система автоматической идентификация (AIS), волнограф, фотокамера и под его днищем видекамера и акустический доплеровский измеритель течений (ADCP). На корпусе подводного глайдера закреплены датчики температуры, проводимости, флуометр и гидрофон. Программное обеспечение позволяет управлять каждому оператору любым АНПА при помощи оснащенного Интернетом компьютера или смартфона. Сессии спутниковой связи для уточнения местоположения и передачи данных или команд управления обычно проводятся через каждые 5 или 15 мин. Глайдеры при выполнении в океане различных миссий оказались очень надежными, проходя без остановки тысячи миль в течение полугода, иногда в очень суровых условиях при волнении более 7 м высотой и ветре выше 50 узлов. Предлагается несколько базовых модификаций волнового глайдера, отличающихся составом датчиков и оборудования: для океанологических и метеорологических исследований, для ретрансляции данных, для экологических исследований, для наблюдения в интересах обороны и т.п. Компания «Liquid Robotics» утверждают, что имеют заказы на АНПА также в нефтегазовой индустрии, при создании ветроэнергетических платформ в открытом море, в судоходстве, рыболовстве, при выполнении военных миссий, программах национальной безопасности, связи и коммуникаций, для авиации и мониторинга сейсмической обстановки. Волновой глайдер уже сейчас является главным элементом выполнения целого ряда важных проектов от Австралии до Аляски.

1. По программе «PACX» при финансовой поддержке компаний BP, «Virdgin Oceanic» и других в 2012 году четыре волновых глайдера вышли из Сан-Франциско в Тихий океан. Они вместе прошли до Гавайских островов, затем два из них пошли через океан к берегам Японии, а два в Австралию. При этом обширная океанологическая информация о морских течениях, поведении морских животных и рыб и т.п. постоянно поступала в Интернет в реальном масштабе времени, доступная для всех студентов и ученых на сайте Google Earth.

2. После крупной аварии нефтегазовая компания BP стала использовать для постоянного экологического мониторинга в Мексиканском заливе четыре АНПА «Wave Glider», оснащенных девятью оптическими датчиками для контроля качества воды (хлорофилл, водоросли, углеводороды, включая растворенные и диспергированную нефть), а также оборудованием для акустического мониторинга поведения морских млекопитающих и сбора метеорологических данных, показаний температуры воды и растворенного кислорода и т. п.

3. Тихоокеанская экологическая лаборатория (PMEL) при NOAA, начиная с 2011 года использует АНПА «Wave Glider» для постоянных измерений содержания углекислого газа в Тихом океане вдоль западного побережья США. Здесь расположены многомиллионные фермы по выращиванию устриц, для нормальной жизнедеятельности которых значение количества этого газа в воде является очень важным фактором. Оснащенный датчиками блоков Sea FET pH и Sea-Bird CTD, волновой глайдер способен проводить долговременные исследования в океане, что обеспечит новое понимание пространственной изменчивости поглощения углерода за длительный многомесячный период.

4. Ученые из Института океанографии Скриппса совместно с фирмой «Liquid Robotics» получили финансирование \$1,5 млн США на проект глобального мониторинга землетрясений и предупреждения о цунами путем установки глубоководной сети донных сейсмометров и постоянной ретрансляции данных, полученных с них, в режиме реального времени на береговую базу. С этой целью волновой глайдер постоянно курсирует по заданной программе над сейсмографами и с помощью своего гидроакустического модема получает от них данные, которые затем передаются по спутниковому каналу (рис. 2).

Этот проект обеспечит значительную экономию средств на проведение наблюдений по сравнению с традиционными методами с использованием судов и его поддержал Экологический Фонд, так как глайдер использует экологически чистую энергию. Но главное, что расширив сеть сейсмографов и используя постоянно несколько глайдеров в заданных регионах океана можно будет существенно увеличить зону глобального покрытия сейсмическими наблюдениями океанского дна, чтобы позволит более надежно защищать береговую линию и более оперативно оценить возможные последствия от землетрясения и цунами. Полученные за долгий период данные от такой глобальной сети будут использоваться также в проекте всемирных долговременных сейсмических наблюдений IDA (International Deployment of Accelerometers). Американские океанологи уверены, что

принципы построения системы с волновыми глайдерами, как ретрансляторами данных, могут быть использованы и для других долговременных наблюдений в океане. Специалисты NOAA также утверждают, что использование волновых глайдеров может обеспечить научную и экономическую парадигму проведения океанологических исследований без дорогостоящих научно-исследовательских судов и привлечения для этих целей попутных судов на морских путях. В настоящее время проводятся серьезные работы по совершенствованию программного обеспечения АНПА «Wave Glider» и вариантов дооснащения его новым научным и специальным оборудованием для выполнения новых миссий.

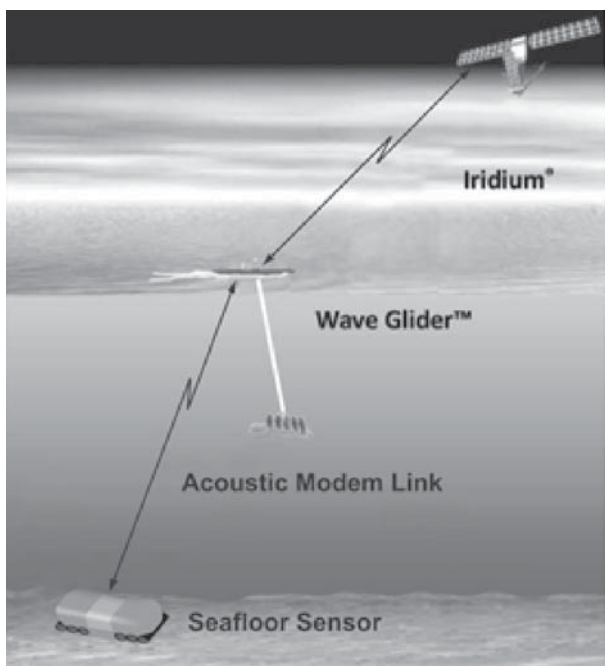


Рис. 2. Использование волнового глайдера по сейсмической программе

Большие функциональные возможности и реальные достижения «Wave Glider» должны рассеять любые сомнения о целесообразности инвестирования в проекты «беспилотников» на базе возобновляемой энергии океана, особенно в составе АСОИ ЭО [1]. В докладе также

рассмотрены принципы устройства нового зарубежного автономного средства океанологических исследований – зонда вертикального профилирования « Wave Walker », перемещающегося в глубину за счет энергии волн.

В настоящее время нами подготавливаются технические предложения на проекты преобразователей энергии волнения прямого действия с использованием новейших конструктивных материалов и достижений нанотехнологий, с техническими характеристиками, требуемыми для энергоснабжения современных стационарных и мобильных средств океанологических измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Горлов А.А.** Энергетика океана для океанологических исследований Материалы XI международной научно- технической конференции «Современные методы и средства океанологических исследований». ИО РАН. М., 2011.

2. **Горлов А.А., Серых В.Я.** Преобразователи энергии волнения для средств океанологических измерений. Материалы XII международной научно-технической конференции «МСОИ 2011». ИО РАН. М., 2011.

3. **Агеев М.Д.** Концепция автономного подводного аппарата, использующего солнечную энергию и энергию морского волнения. Подводные исследования и робототехника. №2(6) ИПМТ. В., 2008.

АВТОНОМНЫЕ СРЕДСТВА ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА БАЗЕ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Горлов А.А., Серых В.Я.

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН
Нахимовский пр., 36, 117997, г. Москва
8(499)129 19 90, oceangorlov@yahoo.com*

The article considers autonomous automatic technical means for ocean research using thermal ocean energy. This paper describes the design of such vehicles and also here provides an analysis of the energy ocean converters for these devices.

В докладе рассмотрены автономные автоматические средства океанологических исследований, использующих тепловую энергию океана.

Приводятся технические данные этих аппаратов. Рассматриваются преобразователи энергии океана таких устройств.

В последние годы в Лаборатории океанологических измерений ИО РАН возобновились работы по направлению «микроэнергетика океана», целью которых является разработка и создание модулей преобразователей энергии океана в десятки ватт для средств долговременных океанских исследований [1]. Большие перспективы для таких проектов имеет тепловая энергия океана [2]. Океанографическим институтом Скриппса (США) был создан АНПА «SOLO-TREC» (Sounding Oceanographic Lagrangian Observer Thermal RECharging), в котором первые в мире питание измерительных датчиков, блоков электроники, связи и коммутации, систем движения и изменения плавучести обеспечивалось полностью за счет разницы температур на поверхности и в океанских глубинах, при регулярных погружениях на глубину до 500 м. Это обеспечивается использованием воскообразного материала с фазовым переходом, находящегося в десяти внешних трубках, размещенных на прочном корпусе АНПА (рис. 1). Когда аппарат всплывает, то при температуре около 10 градусов Цельсия вещество плавится и его объем расширяется примерно на 13%, а когда погружается – затвердевает и объем сокращается. Пульсирующее изменение объема материала с фазовым переходом создает переменное давление в гидравлической системе глайдера, что приводит в действие гидромотор с электрогенератором, подзаряжающим батареи. Подводный беспилотник «SOLO-TREC» массой в 84 кг, в 2010 году успешно прошел натурные испытания близ Гавайев, совершив более 300 погружений. Аппарат выполнял 3-4 погружения в сутки и в ходе каждого из них производил около 1,7 Вт-час электроэнергии, что оказывалось достаточно для питания измерительных датчиков, GPS – навигации и системы спутниковой связи, а также для управления вариатором плавучести подводного робота. Основной объем финансирования проекта обеспечило Управление военно-морских исследований. В США НАСА и ВМФ планируют создание серии таких АНПА, не ограниченных сроком емкости батарей, что позволит выполнять их миссии и поставлять информацию непрерывно в течение нескольких лет.

Тепловые глайдеры «SLOCUM», длиной 2 м, имеют торпедообразную форму, погружаются на глубину 1,3 км и снова поднимаются на поверхность через каждые 5 км, где с помощью спутниковой антенны, закрепленной на руле в хвостовой части аппарата получают корректировку курса, программы новых миссий, сообщают собранные данные и свое местоположение по GPS. Используя разницу температуры воды на поверхности и на глубине, они могут по пилообразной траектории де-

лать это многократно, проходя тысячи миль в течение нескольких месяцев. В носовой части аппарата установлен блок измерительных датчиков (температуры, солености и т.п.).

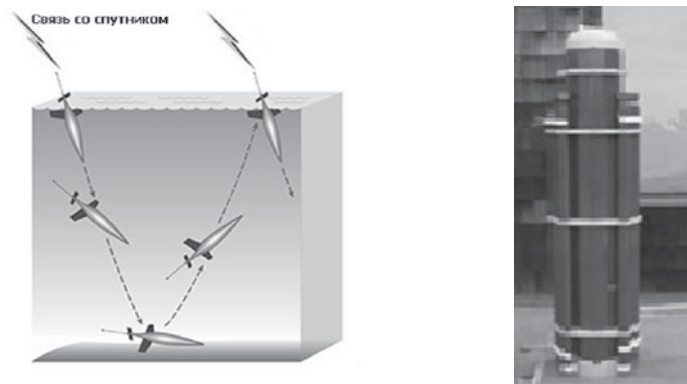


Рис. 1. Схема работы и внешний вид теплового АНПА «SOLO-TREC»

Блоки электроники, связи и управления такого АНПА получают питание от бортовых аккумуляторов, а тепловая энергия океана используется на обеспечение передвижения глайдера за счет изменения дифференда и плавучести.



Рис. 2. Устройство подводного глайдера «SLOCUM»

Для этого используется система гидравлики, состоящая из заборного кормового вариатора плавучести и размещенных в прочном корпусе эластичного бака в середине и эластичного бака в носовой части аппарата (рис. 2). Серединный эластичный бак соединен с гидроаккумулято-

ром, в котором давление создается пневматическим поршнем с помощью баллона со сжатым азотом. Под днищем аппарата закреплены два трубчатых контейнера с воскообразным веществом с фазовым переходом и размещенными внутри вещества эластичными трубками, заполненными гидравлическим маслом и связанными с системой гидравлики. На поверхности глайдер имеет положительную плавучесть и нулевой дифферент благодаря полному объему заполненного маслом кормового вариатора и полностью сжатому пустому носовому баку. В начале погружения бортовой микропроцессор открывает клапан, что позволяет маслу из кормового вариатора поступить в носовой бак. В результате уменьшается плавучесть АНПА, а также аппарат получает дифферент на нос. Глайдер начинает погружаться и благодаря его крыльям создается подъемная сила, обеспечивающее плавное скольжение аппарата. На глубине около 800 м при температуре воды 10 градусов воскообразное вещество в контейнерах замерзает и его объем уменьшается, что обеспечивает расширение эластичных трубок внутри вещества и перетекание в них гидравлического масла из срединного бака. На заданной предельной глубине открывается клапан газового баллона с давлением около 20 атм., за счет чего масло из гидроаккумулятора и срединного бака поступает вновь в кормовой вариатор, обеспечивая необходимую для всплытия плавучесть. Одновременно масло из носового бака поступает в срединный бак, создавая положительный дифферент аппарата. Глайдер начинает планировать вверх. На глубине около 330 м при 17 градусах воды воскообразное вещество вновь плавится, его объем расширяется и масло из эластичных трубок внутри контейнеров выжимается в аккумулятор, загоняя снова газ в баллон. Таким образом АНПА как бы «перезаряжается» на новый рабочий цикл погружения-всплытия. Океанографический институт Вудс-Холла (WHOI) провел первые испытания теплового глайдера «SLOCUM» в 2008 году в Карибском море, при этом АНПА прошел в непрерывно 3000 км. В последние годы аппараты использовались для акустических исследований, изучения поведения морских млекопитающих, а также для изучения течений и океанической циркуляции. Ученые WHOI при поддержке ВМФ США планируют создание нескольких сотен таких глайдеров, совместное использование которых в разных регионах по единой программе обеспечит, по их мнению, настоящий прорыв в исследованиях Мирового океана с несравнимо меньшими финансовыми и временными затратами, чем при выполнении таких же работ экспедиционными судами.

Проект разработанного для научных исследований в России АНПА с солнечной энергетикой лег в основу создания США целой серии подоб-

ных аппаратов SAUV. Конструкция солнечного аппарата и миссии, выполняемые им, подробно рассмотрены в трудах академика Агеева М.Д и его коллег [3].

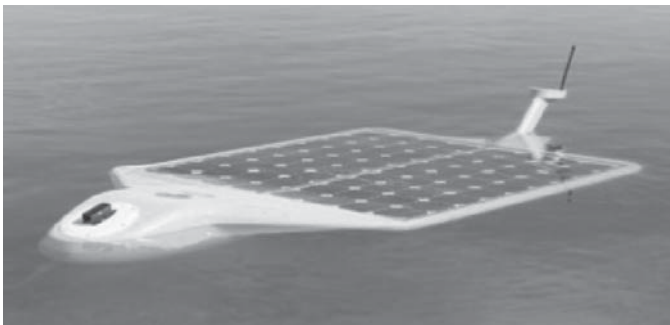


Рис. 3. АНПА « SAUV 11» с солнечной энергетической системой

Но следует отметить, что в настоящее время благодаря целевому финансированию от ВМФ США американские специалисты из специально созданного для развития проектов таких АНПА института AUSI (Autonomous Undersea Systems Institute) добились значительных успехов как в создании новых поколений аппаратов SAUV11 и других модификаций, так и в разработке сложных программ совместного взаимодействия одновременно нескольких таких АНПА для выполнения специальных задач.

В настоящее время в ИО РАН на базе работ прошлых лет [2] разрабатывается эскизный проект модуля преобразователя тепловой энергии в электрическую с использованием температурного градиента между поверхностными (тропики) и глубинными (1000 м) водами на базе термоэлектрического преобразователя (ТЭП) мощностью 5 Вт с тепловыми аккумуляторами, размещенными в корпусе мигрирующего по вертикали микропроцессорного океанологического зонда. Аккумулирование теплоты осуществляется в процессе фазовых переходов (плавление – кристаллизация) специального химического вещества, в качестве которого для работы в заданном диапазоне температур окружающей среды рассматриваются кристаллогидраты. Тепловые аккумуляторы высокого и низкого потенциалов выполнены в виде концентрических кольцевых каналов, в которых теплоаккумулирующее вещество чередуется с полостями, содержащими промежуточный теплоноситель. Причем с одной стороны слоя теплоаккумулирующего вещества находится теплоноси-

тель, циркулирующий в термосифоне для зарядки аккумулятора, а с другой – для его сопряжения с соответствующей теплоконтактной поверхностью термоэлектрической батареи. Теплопринимающая и теплоотдающая поверхности ТЭП являются соответственно зонами испарения и конденсации систем зарядки аккумуляторов высокого и низкого потенциалов. За счет перепада температур на спаях ТЭП вырабатывается электроэнергия для питания системы изменения плавучести и измерительных датчиков зонда. Циклы погружения всплытия зонда позволяет постоянно иметь в обоих аккумуляторах необходимый для работы ТЭП запас теплоты. Такой преобразователь прямого действия отличается высокой надежностью работы, полной автономностью, отсутствием движущихся частей и простотой системы преобразования. Надежность полупроводниковых ТЭП подтверждается их длительной эксплуатацией на различных космических станциях. Ранее были проведены исследования тепловых аккумуляторов, использующих фазовые переходы, а также были изучены различные полупроводниковые материалы и технологии изготовления ТЭП. Данные прошлых лет уточняются с позиций современных научно-технических достижений.

Разрабатывается также эскизный проект автономного измерительного микропроцессорного подводного микроробота на базе комбинации прямого преобразования тепловой и солнечной энергии с помощью материалов с эффектом запоминания формы, а на несколько наших заявок по этому направлению оформляются патенты.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Горлов А.А.** Энергетика океана для океанологических исследований Материалы XI международной научно-технической конференции «Современные методы и средства океанологических исследований», ИО РАН. М., 2011.
2. **Горлов А.А., Серых В.Я.** Преобразователи тепловой энергии океана для средств океанологических измерений, Материалы XII международной научно-технической конференции «МСОИ 2011». ИО РАН. М., 2011.
3. **Агеев М.Д.** Автономные подводные роботы. М.: Наука, 2005.

ОБНАРУЖЕНИЕ И СЛЕЖЕНИЕ ЗА ГЛУБОКОВОДНЫМИ ВИХРЯМИ ИЗ КОСМОСА

Скляров В.Е.

*Институт океанологии им. П.П.Ширишова РАН
Нахимовский пр.36, 117851, Москва
т. 07-495-1291954, vsklyarov@km.ru*

The satellite altimeter is capable to detect anomalies of the sea surface level connected with location of eddy on the depths about 800-1000 meters. It is shown that is available as well tracking eddy (Meddy for Atlantic ocean) moving during the long period of time. Results of such tracking are given in the form of a trajectory of Meddy moving in Atlantic Ocean.

В последнее время большой интерес представляет принципиальная возможность обнаружения глубоководных вихрей из космоса. Особый интерес вызывает возможность дистанционного обнаружения внутри-термоклинных вихрей (ВТВ), распространяющихся в океане на больших глубинах (порядка 800–1200 м). Долгое время считалось, что эти вихри не оставляют следов на поверхности океана и обнаруживаются только в главном термоклине по сильным положительным аномалиям температуры и солёности. Необходимо отметить, что оценка принципиальной возможности обнаружения ВТВ из космоса предпринимались и ранее [1–3].

В настоящей работе мы решили проанализировать альтиметрическую информацию для хорошо выраженного и уверенно определенного в океане традиционными методами внутритермоклинного вихря. Весьма подробные сведения о гидрофизических характеристиках и локализации этого вихря можно почерпнуть из работы [4]. Этот вихрь был обнаружен и исследован в июле 1993г. в районе Канарской котловины с координатами центра вихря 36° с. ш., 28° з. д.

Отличительной особенностью этого ВТВ является наличие двойного максимума для температуры и солёности. Их величины составляют 13.2° С и 36.5 psu на глубине 850 м и 12.3° С и 36.5 psu на глубине 1250 м. Отметим, что максимальные аномалии в сравнение с окружающими водами достигали 4.1°С и 1.1 «промилле» на глубине 1250 м. Размер вихря в поперечнике составил 120 км. На рис.1 представлены данные спутникового альтиметра на ту же дату 14 июля 1993 г.

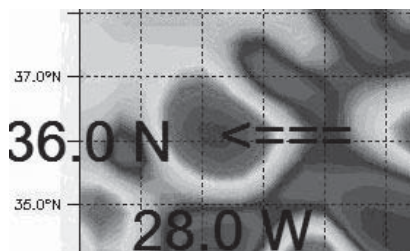


Рис. 1. Аномалии уровня океана на 14 июля 1993г. Стрелкой показано местоположение ВТВ. Альтиметрия получена с сайта www.aviso.com

Легко видеть, что локализация вихря совпадает с центром положительной аномалии уровенной поверхности. Горизонтальный масштаб вихря и аномалии также совпадают. В центре вихря аномалия составляет порядка 6 см. Отметим также, что подъем уровенной поверхности соответствовал антициклоническому характеру вихря.

Далее, представляется целесообразным ответить на вопрос: «Возможно ли слежение за перемещением ВТВ в океане, используя только альтиметрические данные?»

С этой целью нами были собраны данные спутникового альтиметра с шагом – один месяц, как вперед, так и назад по шкале времени от даты обнаружения ВТВ (14 июля 1993 г.). На рис. 2 представлены полученные результаты в виде траектории перемещения вихря (см. также 5) начиная с середины октября 1992г. по май 1994г., то есть в течение 17 месяцев.

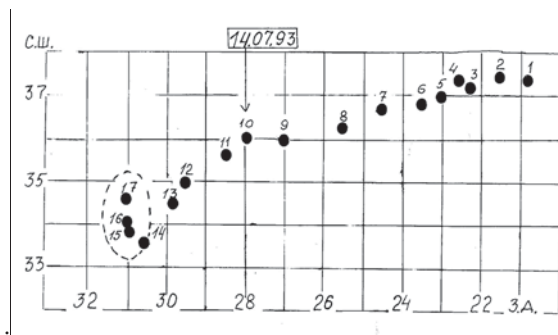


Рис. 2. Траектория перемещения ВТВ начиная с середины октября 1992г. (точка 1) по май 1994г. (точка 17). Местоположение судовых исследований – точка 10

Отметим, что перемещение вихря назад по шкале времени успешно восстанавливалось до точки с примерными координатами 37,2° с. ш., 20,8° з. д. (14 октября 1992 г.). Здесь мы были вынуждены остановиться, т.к. более ранние наблюдения просто отсутствовали в базе данных на сайте *aviso.com*. По шкале времени вперед мы смогли уверенно следить за ВТВ до весны 1994 г. Однако весной (март–май) 1994 г. наблюдаемый вихрь начал, по-видимому, сливаться с другими вихрями и образовал обширную положительную аномалию уровня (пунктир на рис. 2) между 33–35° с.ш. и 30.5–31.5° з.д. Наблюдаемый вихрь потерял свои первоначальные пространственные очертания, и дальнейшее слежение за ним оказалось невозможным. Тем не менее, в целом, нам удалось проследить за перемещением ВТВ по данным спутниковой альтиметрии в течение 17 месяцев. За это время наблюдаемый вихрь переместился в юго-западном направлении примерно на 1000–1200 км.

Выводы

На основании проведенных исследований, можно сделать вывод, что обнаружение и слежение за ВТВ из космоса возможно. При этом методы спутниковой альтиметрии являются одними из наиболее перспективных для решения этой задачи. Учитывая большую стоимость в настоящее время экспедиционных работ в океане, хочется надеяться на рост востребованности методов спутниковой океанологии при решении сложных научных и прикладных задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Stammerd D, Hinrichsen H-H, Kase R.H.K.** Can Meddies be detected by satellite altimetry? // *Journal of geophysical research*, 1991. Vol. 96. N c4, pp. 7005–7014.
2. **Березуцкий А.В., Скляр В.Е.** Дистанционные методы обнаружения внутритермоклинных вихрей в океане // *Современные проблемы дистанционного зондирования из космоса*, 2010. Т.7. №1. с.228–237.
3. **Carton X., Daniault N., Alves J., Cherubin L., and Ambar I.** Meddy dynamics and interaction with neighboring eddies southwest of Portugal: Observations and modeling. // *J. Geophys. Res.*, 2010. Vol. 115. C06017, doi:10.1029/2009JC005646.
4. **Tychensky A., and. Carton X,** Hydrological and dynamical characterization of meddies in the Azores region: A paradigm for baroclinic vortex dynamics. // *J. Geophys. Res.*, 1998. **103** (C11). 25 061–25 079.
5. **Скляр В.Е.** Дистанционные методы обнаружения глубоководных вихрей в океане. // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. М., 2012. Т.9. №2. С. 287–291.

ОБРАБОТКА ИЗМЕРЕНИЙ ГИПЕРСПЕКТРОРАДИОМЕТРА ASD ДЛЯ ВЕРИФИКАЦИИ СПУТНИКОВЫХ ОЦЕНОК БИОПАРАМЕТРОВ ОКЕАНА

Алексанин А.И.¹, Качур В.А.¹, Салюк П.А.²

*¹Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН
Радио, 5690041, Владивосток*

тел.:(4232)310468, e-mail:aleks@satellite.dvo.ru,

*²Тихоокеанский океанологический институт им. Илlicheва ДВО РАН
ул. Балтийская, 43, 690041, Владивосток
тел. (4232) 31-14-00, e-mail: pavel.salyuk@gmail.com*

A technology for data processing of spectroradiometer ASD is presented. The technology is based on optical protocols and last achievements in optics. Peculiarities of the technology are considered, and a comparison between satellite and in situ data has been made.

Измерение гиперспектрометрическим восходящего излучения над поверхностью воды является наиболее распространенным и удобным способом получения in situ измерений для верификации алгоритмов расчета биопараметров моря по спутниковым данным. Обработка этих измерений является сложной и детально нерегламентированной процедурой. Последние достижения в этой области потребовали ее доработки.

Основными параметрами, на которых базируются биооптические алгоритмы, являются нормализованные коэффициенты отражения моря для дистанционного зондирования $Rrs(\lambda)$ для заданной длины волны λ , на основе которых рассчитываются индексы цветности – отношения $Rrs(\lambda_1)/Rrs(\lambda_2)$, использующиеся в частности для расчета концентрации хлорофилла-а в воде. Для расчета коэффициентов отражения моря применяется оптический протокол NASA [1], датируемый 2003 годом. Согласно оптическим протоколам коэффициент отражения рассчитывается по формуле:

$$R(\lambda, \varphi, \theta) = (L_{sea}(\lambda, \varphi, \theta) - \rho \times L_{sky}(\lambda, \varphi, \theta)) / E_s(\lambda),$$

где L_{sea} – измерение восходящего от воды излучения, L_{sky} – измерение излучения неба. $E_s(\lambda) = \pi \times L_d(\lambda)$, где $L_d(\lambda)$ – измерение от Ламбертовой поверхности, $\rho \times L_{sky} / E_s$ – поправка на отражение солнечного излучения

от границы раздела сред воздух-вода, φ, θ – азимутальный и зенитный угол солнца. Для нормализации коэффициента использовалась технология, изложенная в [1], но с более точными таблицами расчета эффектов отражения и преломления, реализованными в программном комплексе SeaDAS [2] версии 6.1 и утвержденными международной экспертной группы Ocean Biology Processing Group. Был также уточнен алгоритм расчета коэффициента ρ . Использовалась аппроксимация модельных зависимостей коэффициента от ветра и азимутального угла измерения [3]. Для устранения погрешности расчета R_{rs} , вносимой «пенными барашками», использовались две различные методики для вод низкой и высокой трофности соответственно.

Методика, рекомендуемая протоколом и основанная на том, что в ближней инфракрасной области спектра вода не отражает солнечное излучение, то есть $R_{rs}(750 \text{ нм}) = 0$.

Методика, основанная на том, что в водах высокой трофности известно отношение коэффициентов отражения моря в ближнем ИК диапазоне: $R_{rs}(779)/R_{rs}(865) = 1.72$ [3].

Методика измерений и используемые данные

Данные были собраны в нескольких морских экспедициях в 2009 и 2010 годах: в заливе Петра Великого за 29.08–14.09.2009 – 102 измерения; в Охотском море в августе 2010 – 190 измерений; в заливе Петра Великого в октябре 2010 – 31 измерение. Они сопоставлялись с безоблачными спутниковыми данными (радиометр MODIS/AQUA) с теми же географическими координатами и за тот же день. Всего таких точек было 195. Поскольку рассогласования измерений иногда превосходят сами измерения, то считалась относительная ошибка δ . Положительная величина $\delta+1$ показывает во сколько раз спутниковые оценки завышены (если $\delta>0$), а модуль величины $\delta-1$ (если $\delta<0$) показывает во сколько раз занижены. В каждой точке по очереди измерялось 20–25 спектров яркости воды $L_{sea0}+(\lambda)$, 30 спектров яркости неба $L_{sky0}+(\lambda)$ и 50 спектров яркости ламбертовой поверхности $L_d(\lambda)$.

Для уменьшения процента отбраковки измерений использовались следующие приемы. Для получения усредненных спектров использовалась медианная оценка. При отбраковке «некорректных» спектров использовались квантильные оценки, после чего рассчитывалось стандартное отклонение. Отбраковка точек измерений проводилась по следующим критериям.

Скорость ветра должна быть меньше 10 м/с, согласно [3]. Все натурные измерения удовлетворяли этому требованию.

Открытое безоблачное небо. Согласно [3] это условие проверяется отношением $L_{\text{sky}}^{0+}(750) / E_s(750) < 0.05$. Данное условие уменьшило количество измерений со 195 до 147. Это условие излишне строгое, т.к. согласно [1] достаточно равномерной освещенности моря. Для использования аппроксимации ρ достаточно проверить, чтобы солнце не было закрыто облачностью. Это осуществляется сравнением расчетной освещенности поверхности с фактической при данном зенитном угле солнца. Случай, когда освещенность меняется во время измерений, контролируется следующим критерием.

В работе [3], посвященной мутным водам, отбраковываются измерения, для которых стандартное отклонение $Rrs(780)$ превышает на 10% и более среднее значение. В чистых водах это приводит к отбраковке большинства измерений (согласно [1], $Rrs(780) \approx Rrs(750)=0$). Учитывая этот факт, и то, что мы работаем с усредненными спектрами, отбраковывались только те измерения, когда оценка ошибки расчета какой-либо усредненной величины $L_{\text{sea}}^{0+}(780)$, $L_{\text{sky}}^{0+}(780)$ или $L_d(780)$ превышала 10% от самой величины. Данное условие уменьшило количество измерений с 147 до 142.

Для вод, в которых концентрация хлорофилла-А превышала 1 мг/м³, проверялось условие: $Rrs(865) < Rrs(779)$. Это условие уменьшило число точек со 142 до 135.

Значения $Rrs(\lambda)$, при 400нм < λ < 600нм, должны быть больше нуля. Это условие уменьшило число точек со 135 до 131.

Сопоставление спутниковых и ASD-измерений

Измерения гиперспектрорадиометром использовались для сопоставления двух типов атмосферной коррекции данных цветности, которая проводится при расчете биопараметров моря по спутниковым данным. Рекомендуемой является NIR-коррекция [2]. Как результат, в водах высокой трофности спутниковые оценки концентрации хлорофилла-а могут превышать реальные значения в 10 и более раз. Альтернативной является MUMM-коррекция [3], основанная на постоянстве формы спектра в ближнем ИК-диапазоне. Результат ее применения резко улучшает точность расчета концентрации хлорофилла-а, а алгоритм Кардера [4] показывает при этом устойчивые и достаточно точные результаты для различных типов вод одновременно [5]. Рис. 1а показывает различие ошибок расчета спутниковой Rrs в зависимости от трофности воды (концентрация хлорофилла-а оценивалась по ASD-данным, алгоритм OC2).

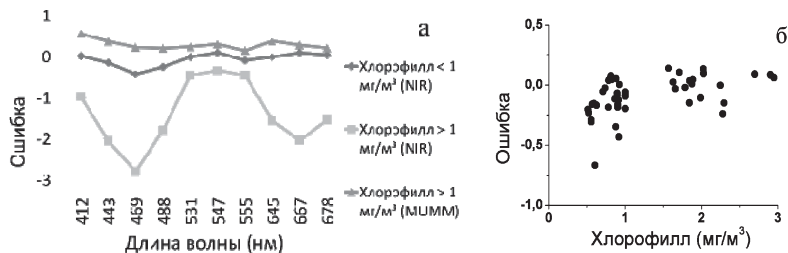


Рис. 1. а). Медианы ошибок расчета Rrs в зависимости от длины волны. В скобках указан тип атмосферной коррекции. б). Ошибки индекса цветности Rrs(443)/Rrs(555). Акватория залива Петра Великого, MUMM коррекция спутникового изображения

Деление условно, и за границу принята концентрация хлорофилла-А в воде в 1 мг/м^3 . Применение MUMM коррекции при концентрации хлорофилла в 1 мг/м^3 значительно уменьшает ошибку Rrs. Ошибки индексов цветности существенно меньше по величине, чем сами Rrs (рис. 1б). И если для NIR-коррекции ошибки индекса цветности (ключевого для OC2 алгоритма) при концентрации хлорофилла-а в 1 мг и больше отрицательны и достигают величины -6 , то для MUMM-коррекции они во много раз меньше при систематической ошибке около 0.08 . И если применение поправки 2 на «пенные барашки» уменьшает (но не устраняет) систематическую ошибку рассогласования Rrs на $5\text{--}50\%$, то на выбранный индекс цветности влияние поправки уже не столь существенно.

Работа поддержана грантами ДВО РАН и РФФИ №11-07-00511.

ЛИТЕРАТУРА

Mueller, J.L., Fargion G.S., McClain C.R. Ocean Optics Protocols for Satellite Ocean Color Sensor Validation, Rev 1., Vol. III: Radiometric Measurements and Data Analysis Protocols. NASA/TM-2003-21641/Rev-VolIII. 2003. NASA Goddard Space Flight Center: Greenbelt, Maryland. 78 p.

BAITH K.R., LINDSAY G.FU, MCCLAIN C.R. 2001. Seadas, a data analysis system for ocean-colour satellite sensors// EOS Trans. AGU. 2001. V.82. P. 202.

RUDDICK K.G., CAUWER V.D., PARK Y.-J. SEABORNE MEASUREMENTS OF NEAR INFRARED WATER-LEAVING REFLECTANCE: THE SIMILARITY SPECTRUM FOR TURBID WATERS// Limnol. Oceanogr. 2006. V.51. pp. 1167–1179.

CARDER K.L., CHEN F.R., Hawes S.K. Case 2 Chlorophyll-a. MODIS Algorithm Theoretical Basis Document. 2003. University of South Florida. V. 19. 67 p.

Salyuk P., Bukin O., Alexanin A., Pavlov A., Mayor A., Shmirko K., Akmaykin D., V. Krikun. Optical properties of Peter the Great Bay waters compared with satellite ocean colour data // International Journal of Remote Sensing. Vol. 31. No. 17–18. Pp. 4651–4664.

УДК 006.053:629.58

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ

Рогожников А.В., Савенкова В.В., Шавырин И.А.

ОАО «ЦНИИ «Курс»

Куртинская ул., 34а, 105187, г. Москва

8(495)365-11-53, факс 8(495)365-43-14, grsud@kysr.ru

The present-day results of the development work «The development of the perspective line of standard platforms of unmanned underwater vehicles on basis of normative documents' uniform system for underwater robotics» is discussed in this publication.

Одной из задач опытно-конструкторской работы, выполняемой в настоящее время ОАО «ЦНИИ «Курс» в рамках федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники» на 2009–2016 гг., является разработка системы нормативных документов, регламентирующих процессы проектирования, изготовления, испытаний и эксплуатации необитаемых подводных аппаратов (НПА). На основе созданного проекта отечественных стандартов будет разработан технический проект типового ряда перспективных типовых платформ НПА, охватывающий как автономные, так и телеуправляемые аппараты (АНПА и ТНПА).

В настоящее время каждый новый образец отечественной подводной робототехники разрабатывается с высокой степенью использования уникальных конструктивных решений. Новый подход, заключающийся в разработке семейства необитаемых подводных аппаратов различного назначения, но на единой платформе и удовлетворяющих требованиям единой системы стандартов, позволит обеспечить высокую серийность комплектующего оборудования, упростит подготовку операторов и организацию эксплуатации подводных аппаратов. Так, для решения зада-

чи обеспечения взаимозаменяемости модулей АНПА, существует необходимость разработки современных стандартов на интерфейсы бортового оборудования, а также единой системы стандартов для обеспечения совместимости оборудования разных проектов. Возможность интеграции одних и тех же аппаратных и программных средств в подводные аппараты разных классов сократит стоимость разработки новых проектов. Добавление новой полезной нагрузки и увеличение функциональных возможностей НПА должно быть максимально упрощено в особенности для среднего и легкого классов. Максимальная совместимость оборудования внутри класса эффективна не только при комплектовании НПА, но и на всех стадиях жизненного цикла аппаратов. Таким образом, разработка новых стандартов проектирования НПА является критическим фактором обеспечения требуемых качеств новых проектов НПА и развития океанотехники в целом.

Новая система стандартов должна обеспечивать единую терминологию и классификацию, учитывая сложившиеся традиции мировой практики, а также закреплять существующие технический и технологический заделы, минимально ограничивая при этом возможность применения новых перспективных конструктивных решений или разнообразных моделей оборудования полезной нагрузки.

Аналогичный подход используется за рубежом. Анализ зарубежных нормативных документов показал, что в настоящее время в мире, особенно в США, идет активный процесс актуализации и создания новых стандартов в области необитаемых подводных аппаратов. Например, в Генеральном плане ВМС США по развитию НПА [1] рекомендована разработка новых стандартов в области связи АНПА (акустической и радиосвязи, оптических систем связи), безопасности информации и обмана данными. А в 2005 г. американской организацией *ASTM International*, разрабатывающей и издающей стандарты для материалов, продуктов, систем и услуг, поддерживающей в настоящее время более 12 000 стандартов, основан технический комитет *F41 Unmanned Maritime Vehicle Systems (UMVS)* – Системы необитаемых аппаратов морского применения. Этот комитет рассматривает вопросы, связанные с разработкой стандартов для систем необитаемых подводных аппаратов (*UUV*) и беспилотных катеров (*USV*) для поддержки семейства платформ взаимодействующих, модульных и многофункциональных роботов. Технический комитет имеет 5 подкомитетов, в юрисдикции которых находятся соответствующие стандарты [2–5]:

- стандарт по проектированию НПА. Автономность и управление;
- стандарт по проектированию систем связи НПА;

- стандарт по проектированию интерфейса полезной нагрузки НПА;
- стандарт, определяющий форматы данных датчиков полезной нагрузки НПА.

Что касается зарубежных Регистров, то НПА уже являются предметом классификации нескольких зарубежных классификационных обществ: Регистр Ллойда (Великобритания), Германский Ллойд (ФРГ), Американское бюро судоходства (США), Бюро Веритас (Франция). В 2012 г. американским бюро судоходства (*American Bureau of Shipping*) опубликована новая редакция Правил постройки и классификации подводных аппаратов, систем и гипербарического оборудования (*Rules for building and classing underwater vehicles, systems and hyperbaric facilities*). Правила содержат общие требования к оборудованию комплексов ТНПА, включая судовое оборудование механическое и электрическое оборудование аппаратов и спуско-подъемные устройства (СПУ). Если коммерческие автономные НПА, согласно тенденциям настоящего времени, призваны обеспечить возможность гражданского и военного применения (двойное назначение), то большая часть рабочих телеуправляемых НПА используется для нужд нефтегазовой отрасли и освоения шельфа, поэтому соответствующим образом направлена для них разработка стандартов. Требования и руководящие указания, касающиеся интерфейсов телеуправляемых аппаратов (ТНПА) в системах подводной добычи в нефтяной и газовой промышленности представлены в стандарте ИСО 13628-8 [6]. В октябре 2012 г. норвежским независимым классификационным и сертификационным обществом DET NORSKE VERITAS AS (DNV) опубликован новый стандарт по подводным спуско-подъемным устройствам Offshore Standard DNV-OS-E407 «Underwater Deployment and Recovery Systems» для судостроительной и нефтегазовой отрасли. Безопасность работы с электрооборудованием ТНПА регламентируется стандартом IMCA R005, High Voltage Equipment – Safety procedures for working on remotely operated vehicles, разработанный Ассоциацией IMCA, членами которой являются большинство компаний, эксплуатирующих ТНПА.

Итак, перечисленные выше нормативные документы являются сосредоточением зарубежного опыта организаций, действующих в сфере разработки, эксплуатации, обслуживания необитаемых подводных аппаратов. При разработке национальных стандартов руководствуются ГОСТ Р 1.2 и ГОСТ Р 1.5 (раздел 8), согласно которым на основе международных и зарубежных нормативных документов могут быть созданы идентичные (русскаяязычная версия без изменения структуры и технического содержания) и модифицированные (адаптированные) стандарты. Разрабатываемый проект единой системы нормативных документов представляет

собой группу адаптированных для российских условий стандартов, призванных обеспечить интересы максимального количества заинтересованных в их утверждении российских проектировщиков и эксплуатирующих организаций. Начать формирование группы нормативных документов предлагается с разработки модификаций четырех американских стандартов ASTM для АНПА, стандарта ИСО 13628-8 для ТНПА и предложений в Российский морской регистр судоходства.

Настоящая публикация, таким образом, имеет целью обеспечить принципы доступности и открытости нормативных документов и процессов их разработки для всех заинтересованных сторон, включая возможность последующего публичного обсуждения и внесения частных предложений в проект.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. The Navy Unmanned Undersea Vehicle (UUV) Master Plan. – 2004.
2. F2541-06 Standard Guide for Unmanned Undersea Vehicles (UUV) Autonomy and Control, 2006.
3. F2594-07 Standard Guide for Unmanned Undersea Vehicle (UUV) Communications, 2007.
4. F2545-07 Standard Guide for Unmanned Undersea Vehicle (UUV) Physical Payload Interface, 2007.
5. F2595-07 Standard Guide for Unmanned Undersea Vehicle (UUV) Sensor Data Formats, 2007.
6. ISO 13628-8, Petroleum and natural gas industries – Design and operation of subsea production systems – Part 8: Remotely Operated Vehicle (ROV) interfaces on subsea production systems.

БЕСКОНТАКТНЫЙ ТАРГЕТ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ МОРСКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

Баранов В. С., Агафонов А. В., Чернецкий А. Д.

*Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН
Тел.: +7 915 225 8266, e-mail: baroglider@yandex.ru*

Unit for researching and training of marine mammals was constructed and tested. It based on ultrasonic transducer that use 4MGz frequency.

Предлагаемая конструкция относится к устройствам для дрессировки животных, в частности, морских млекопитающих и других обитателей моря.

Известно применение указки с мишенью на конце (так называемый «таргет»), которого животное должно коснуться. С другой стороны известны различные рычаги и педали, усилие от нажатия на педаль передается механическим путем для включения различных сигнальных индикаторов: звон в колокол [1], подъем флага и т.д. [2, 3]. Недостатком таких систем является то, что животное должно находиться в механическом контакте с сигнальным устройством. Не всегда животное может точно коснуться педали.

Настоящее устройство позволяет контролировать приближение животного к таргету без его касания, контролировать динамику и дистанцию приближения животного к таргету, определять предпочтения животного в выборе сигналов, а также его способности к тонкой дифференцировке движений.

Поставленная цель достигается тем, что мишень на конце таргета выполнена в виде герметизированного ультразвукового датчика, состоящего из излучающего и принимающего элементов. Вариант конкретного исполнения бесконтактного таргета показан на рис. 1.

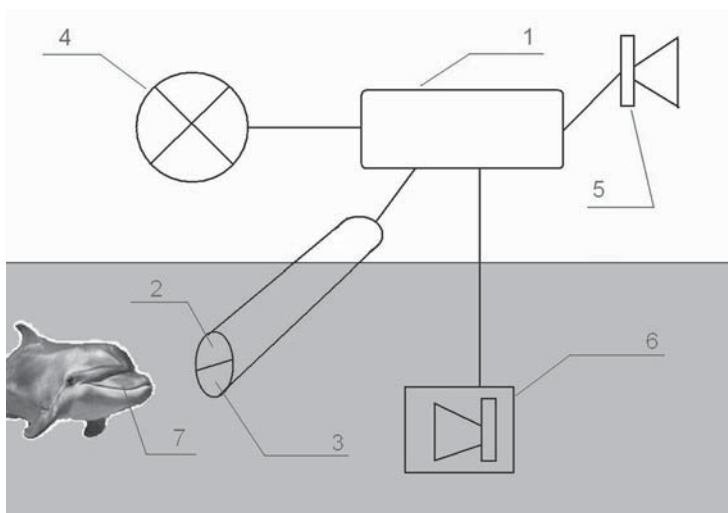


Рис. 1. Конструкция датчика-мишени и схема коммуникации датчика с сигнальными устройствами

Датчик состоит из электронного блока 1, включающего генератор высокочастотных колебаний, например 4 МГц, который по кабелю соединен с излучающей пьезокерамической пластиной датчика 2. Принимающая пьезокерамическая пластина 3 расположена под некоторым углом к излучающей. Сигнал от принимающей пластины по кабелю идет в электронный блок, где усиливается и далее коммутируется с сигнальным устройством. В качестве сигнального устройства может быть использован источник световых сигналов 4, подводный динамик (спикер) 5 или акустический динамик 6.

При приближении животного к датчику-мишени, находящемуся ниже уровня воды, и генерирующему высокочастотные ультразвуковые колебания, от тела животного, например рострума 7, идет отраженный сигнал, который воспринимается принимающей пластиной, усиливается и далее в виде доплеровской звуковой частоты подается на сигнальное устройство. Приближаясь и отходя от датчика-мишени или покачивая перед ним рострумом, животное может создавать звуки различной модальности, слышимые как на воздухе, так и под водой.

Успешная апробация устройства проведена в Коктебельском дельфинарии на дельфинах афалинах в апреле 1912 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карен Прайор. Несущие ветер. М., 1995. С. 181.

2. Соколов В.Е., Стародубцев Ю.Д. В подводном поиске – дельфины // Природа. М., 1990. №4.

Стародубцев Ю.Д., Кулагин В.В. и др. Выбор дельфинами афалинами двух одинаковых предметов из трех предъявленных // Морские млекопитающие Голарктики. Архангельск, 2000. С. 372-376.

ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИЙ ГЛАЙДЕР

Комаров В.С.

Институт океанологии им. П.П. Ширшова (ИО РАН)

Нахимовский пр-кт, 36, 117851, Москва,

4991256388, kvs@ocean.ru

Technical solution for glider propulsion module, based on nitro and/or pyroxylin-powder power-source, is reported. It is shown that this power-source can be used in medium without thermal

gradient (e.g. in arctic sea). The potential to replace the conventional propeller- and bouyancy-based propulsion module is shown.

В настоящее время в мире по разным оценкам насчитывается около двух тысяч различных автономных аппаратов типа глайдеров, способных к планирующему движению в толще воды и несущих океанологические сенсоры для непрерывного мониторинга состояния водной среды, двигаясь по пилообразной траектории.

Впервые конструкция глайдера была разработана в 1980-е годы Дугласом Веббом (Douglas Webb) из Океанографического Института Вудсхола (Woods Hole Oceanographic Institution) [1]. Первые аппараты использовали традиционный привод движения – за счёт бортового запаса электроэнергии и тянущего винта. В дальнейшем система была усовершенствована с помощью насоса морской воды, как привода управляющего дифферентом, водоизмещением и плавучестью глайдера. Это позволило использовать силу гравитации для создания планирующего движения в водной толще (аппарат «Slocum», «Sprey», «Seaglider» и др.) [2, 3].

Разумеется, пришлось потратить много усилий для минимизации сопутствующих потерь в трансмиссии и гидравлическом сопротивлении, на разработку новых принципов движения и источников энергии. В результате, кроме традиционных электрических винтового и вытеснительного, появились механизмы энергетического питания за счёт тепловых градиентов верхних и нижних слоёв водной среды, что актуально для тёплых акваторий мирового Океана. Эти механизмы основаны на принципе теплового насоса – поглощения энергии за счёт фазовых переходов и изменения давления или объёма, занятого рабочим телом, меняющим агрегатное состояние в зависимости от температуры. Фазовые переходы (твёрдое – жидкое, жидкое – газообразное [4]) рабочих тел, у которых температура перехода находится внутри температурного градиента среды, позволяют иметь практически не ограниченный источник энергии. Так как изменение давления или объёма могут быть преобразованы в изменение водоизмещения, используемое для перемещения в поле сил тяжести. Планер – внешний корпус глайдера, имеющий управляемые крылья и аэродинамически обтекаемую форму корпуса, преобразует вертикальное перемещение в планирующий полёт по пилообразной глиссирующей траектории. К твёрдожидким рабочим телам относятся, например, некоторые парафиновые смеси, а к жидкогазообразным, низко кипящие жидкости, например, фреоны. Фреоны при нагревании позволяют увеличивать давление насыщенных паров, и за этот счёт увеличивать водоизмещение, т.е. за счёт жидко – газообраз-

ного фазового перехода. Особенность движения по пилообразной траектории имеет переходы от нисходящей к восходящей гласседе и наоборот, что создаёт участок не стационарного, не устойчивого движения в виду процесса изменения знака плавучести. Это создаёт трудности в управлении и планировании траектории, поскольку активное управление и коррекция возможны лишь на атмосферном участке во время спутниковой связи. В работе [5] выполнен анализ влияния маршевого винтового двигателя для стабилизации и вытеснительного балластного насоса, изменяющего плавучесть глайдера, с целью определения эффективности обоих приводов и возможного использования винтового двигателя на участке неустойчивости. Из анализа представленных результатов, следует вывод, что использование вытеснительной системы имеет преимущества и целесообразно более для глубоководных траекторий, чем для малых глубин. Это объясняется тем, что относительный вклад участков неустойчивости для глубоководных траекторий меньше, чем для траекторий малых глубин.

В настоящей работе имеющей преимущественное отношение к акваториям холодных северных морей и рассматривающей в качестве энергоносителя порох, выпускаемый промышленностью для хозяйственных нужд, обсуждается возможность использовать его свойства, как для вытеснительных устройств, так и для создания кратковременной маршевой тяги на нестационарных участках траектории. Работа A по изменению вытеснительного объёма $V_{\text{во}}$, как для пороховых газов, так и для насоса одинакова и зависит лишь от давления, т.е. от глубины h :

$$A \sim \rho h V_{\text{во}},$$

где ρ – удельный вес воды. В отличие от гидравлического электронасоса, перекачивающего балласт водоизмещения с низкой производительностью от мало мощного бортового источника, порох благодаря исключительной мощности позволяет на порядки сократить время неустойчивости при смене знака плавучести, ввиду способности пороха к мгновенной отдаче энергии буквально в пределах миллисекунды. Заметим, что и тепловые процессы в условиях малых температурных градиентов, также инерционны и зависят от характера теплообмена, локализации температурных слоёв среды, что требует специальных решений для управления процессом фазового перехода в тепловом насосе, тогда как сгорание порохового заряда не зависит от внешних условий и может быть запрограммировано экспериментатором.

Из анализа известных глайдеров, необходимая величина движущей силы переменного водоизмещения, находится в пределах 1 н. Её проекция на строительную ось при дифференте $18^0\text{--}25^0$ обеспечивает линей-

ную скорость 0,35–0,5 м/с. Что достигается величиной управляемого водоизмещения в 100–110 см³, которое может быть и большим, в зависимости от потребности. Водоизмещения порядка 1000 см³ вполне достижимы даже для значительных глубин (2000–2500 м и более) и определяются лишь зарядом, вес которого при сгорании должен компенсироваться сбросом балласта после каждого срабатывания генератора. Например, при сгорании заряда в 4 г пироксилинового пороха должен быть сброшен балласт – одна дробина весом в воде 4 г. Набор уже готовых технических решений, обеспечивающих автоматическое циклическое производство, удержание и выпуск горячих пороховых газов, в соответствии с характером пилообразной траектории, на основе промышленно выпускаемых охотничьих и монтажных патронов [6], которые обеспечивают практически любой режим для исследовательских океанологических целей. Пороховой генератор может быть полезен не только, как источник управления движущей силой водоизмещения, но и как аварийное устройство для спасения глайдера в нештатной ситуации, используя пороховые газы для накачивания спасательной ёмкости.

Всегда бывает досадно и накладно терять дорогую технику по не выясненной причине. Переход на увеличенное водоизмещение аппарата сопровождается перемещением замещённого объёма воды в корпусе аппарата, реактивная энергия перемещения которой может быть использована для ускорения глайдера на переходном участке, т. е. для сохранения устойчивости его движения. Описываемые свойства «порохового» способа и устройства для его реализации защищены патентами РФ [7]. Они содержат технические решения устройства зарядки и перезарядки производства пороховых газов, а также устройств загрузки и выгрузки балласта. Кроме того выполнено устройство фиксации полученного объёма порохового газа [8]. Техническое проектирование глайдера с химическим источником для ледовитых акваторий, разумеется, требует модельных испытаний в лабораторных и натурных арктических условиях, как отдельных его модулей, так и в целом аппарата. В этой связи следует заметить, что уже были успешные попытки использовать «Seaglider» акваториях ледовитых морей в районе Гренландии. Для России, которая претендует на большой шельф в Северном Ледовитом Океане это важно. Нет нужды говорить насколько должна быть интересной для военной разработки такая техника.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Sherman J., R.E. Davis, W.B. Owens and J. Valdes**, 2001. The autonomous underwater glider Spray. IEEE Oceanic Eng., 26, pp.437–446.

2. **Stommel H.**, 1989. The Slocum mission. *Oceanography*, 2, pp. 22–25.
3. Proceedings of the Eighth European Conference on Underwater Acoustics, 8th ECUA Edited by **S. M. Jesus and O. C. Rodríguez Carvoeiro**, Portugal, 12-15 June, 2006. <http://www.webbresearch.com/slocum.htm>.
4. **Комаров В.С., Морозов А.К.** Патент РФ №2124457 от 06.01.98.
5. **B. Claus, R. Bachmayer, C. D. Williams** Development of an auxiliary propulsion module for an autonomous underwater glider. Proc. I Mech E Part M: J. Engineering for the Maritime Environment. 2010. V.224. P.255–266.
6. Патроны монтажные. ТУ 7272-099-07513406-98.
<http://www.neva-zitar.ru/montaginstr/montaginstr25.html>
7. **Комаров В.С.** Решение о выдаче патента РФ № 2011102626 от 4.12.12.
8. **Комаров В.С.** Твёрдотопливный генератор энергии для океанологических автономных аппаратов // Международная научно-техническая конференция «Современные методы и средства океанологических исследований» МСОИ-2013, М., 2013.

ТВЁРДОТОПЛИВНЫЙ ГЕНЕРАТОР ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ АВТОНОМНЫХ АППАРАТОВ

Комаров В.С.

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова (ИО РАН)
117851, Нахимовский пр-кт, 36, т. 4991292045, kvs@ocean.ru*

The principle and design of a gun powder based power-source module for autonomous underwater vehicles are considered. It is shown that gun powder could replace conventional electrical power-sources.

В работе обсуждается способ получения и использования энергии пороховых газов для долговременных подвижных океанологических устройств таких, как сканирующие буи и планирующие автономные аппараты – глайдеры. Эти устройства – носители измерительных гидрофизических, гидрохимических сенсоров, – должны производить измерения, перемещаясь по траектории с изменением глубины. Величина автономности аппаратов зависит от запаса и способа энергообеспечения, свойств акватории и экономичности измерительной аппаратуры. В работе рассматриваются патентованные способ и устройство [1] его реа-

лизации для получения и утилизации химической энергии в виде работы выделяющихся горячих пороховых газов.

Традиционно, используют электрические аккумуляторы и устройства преобразования их энергии в движение аппарата. Однако к настоящему времени имеется ряд перспективных разработок, позволяющих использовать температурные градиенты водных акваторий, и, таким образом, иметь практически не ограниченную автономность аппаратов. Однако и они имеют ограничения и недостатки (Slokum, Sprey, Seaglider) [2].

Принципиальное удобство пороха в том, что он не зависит от внешних теплофизических условий и гидрологического характера акватории, дешёв и удобен в промышленном исполнении, а главное, обладает огромной удельной мощностью. Его превращение в работающий горячий газ происходит за миллисекунды. Что не способны обеспечить другие источники и устройства.

Обычной и самой распространённой формой движения буйковой станции является сканирующее движение вдоль буйрепа, в процессе которого выполняются измерения или глиссирующее движение глайдера вдоль пилообразной траектории от поверхности до дна и наоборот. Для осуществления этих форм движения целесообразно изменять плавучесть, управляя ей: от положительной до отрицательной и наоборот. И лучше всего управлять плавучестью, изменяя водоизмещение аппарата, оставляя его вес в воде неизменным. Это достигается воздействием давления горячих пороховых газов на геометрию водоизмещающего объёма подводного аппарата, где для увеличения его водоизмещения, сжигают навеску пороха, а для уменьшения плавучести уменьшают объём газа, стравливая его наружу.

Способ реализуется в устройстве, в котором в прочной расширительной камере, или герметичной упруго-эластичной ёмкости, содержащей подпружиненный возвратной пружиной поршень, имеется магазин пороховых патронов и программное воспламенительное устройство. Поршень с одной стороны опирается на возвратную пружину, а с другой испытывает давление пороховых газов. В стенке цилиндра имеется отверстие с управляемым клапаном разгрузки для выхода воды и фиксации увеличенного водоизмещения, а в опорной стенке цилиндра выполнен фиксатор положения поршня соответствующего минимальному водоизмещению, а так же сифонное отверстие для сообщения со средой. Программное устройство перезарядки и воспламенения может быть электрического, электромеханического или механического типа. Последних и высоконадёжных было разработано множество в военных

целях. Таких устройств, как в автоматическом оружии с пружинным или газоотводным механизмом перезарядки, как в известных всем устройствах пистолет–пулемётов: Х. Шлейсера, Х. Фельдмана, Х. Шмайсера, Г.С. Шпагина, А.И. Сударева, М.Т. Калашникова и др. [3], в которых используется часть энергии отдачи затвора и возвратная пружина или энергия отводимых в поршневую камеру пороховых газов.

Выбор конкретного механизма определяется требованиями к конкретному подводному аппарату. Предполагается, что каждый патрон обеспечивает один цикл погружения – всплытия, а полная автономность аппарата – количеством патронов.

В этих патронах используют метательные одноосновные и двухосновные пироксилиновые пороха. Порох должен иметь высокую химическую и физическую стабильность, малую гигроскопичность, низкую чувствительность к механическим, тепловым и прочим воздействиям. Основными энергетическими характеристиками пороха являются удельная теплота его сгорания (1 кг) и удельное количество выделенных газообразных продуктов горения (л; м³), приведенное к нормальным условиям [4]. Работоспособность порохов, используемых в артиллерии и стрелковом оружии, оценивают силой пороха и его потенциалом. Сила пороха – это работа, которую могли бы совершить продукты горения одного килограмма пороха, свободно расширяясь при атмосферном давлении в результате нагревания их от 273 К до температуры горения, которая в зависимости от рецептуры может быть 2700⁰С–2850⁰С. Отечественные бездымные одноосновные метательные пироксилиновые пороха «Сокол», «Снур», «Салют», «Магнум» и др. – используются для охотничьих целей. В охотничьи патроны закладывают навески от 1,5 г до 2,5 г метательного пороха. Меньше используется дымный порох на основе селитры, менее сильный, чем пироксилиновый.

Энергетические и баллистические характеристики пироксилиновых порохов следующие: удельная теплота сгорания $q = 3,25\text{--}3,54$ МДж/кг, температура горения $T = 2700\text{--}2850$ К, удельный объем продуктов горения $v = 0,92\text{--}0,97$ м³/кг, метательная сила пороха $f = 0,9\text{--}1,0$ МДж/кг. [5]

Чрезвычайная мощность горения пороха используется и в производственных целях и не только в буровзрывных земляных работах. Промышленность сегодня выпускает больше количество разнообразных пороховых патронов для вполне гражданских производственных, строительных и бытовых нужд. Такие, как патроны для строительных пистолетов, (например, типа ПЦ-84) с низкой удельной энергией [5]. С их помощью «пристреливают» металлические (стальные и дюралевые) профили к бетонным конструкциям и между собой. Они стандартизированы: ТУ7272-099-07513406-98. Их энергетические свойства приведены

в таблице 1 для типа Д (длинные, 6,8×18 мм) и типа К (короткие, 6,8×11 мм) калибра 6,8 в табл. 1.

Таблица 1.

Масса заряда, (г)	0,2	0,22	0,25	0,29	0,31	0,34	0,38	0,43
Энергия заряда, (Дж)	548	603	683	795	874	928	1037	1174

Существуют также усиленные строительно-монтажные патроны семейства МПУ (МПУ-1..5, ТУ 3-1064-78). Их энергетические данные приведены в таблице 2 [6].

Таблица 2.

Масса заряда, г	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4
Энергия заряда, Дж	1644	2192	2720	3200	3700
Давление, атм	550	1000	2500	2950	3250

Более того описанные устройства перезарядки позволяют использовать 2-3 патрона МПУ-5 одновременно или с небольшим интервалом.

Такая номенклатура с подробной градацией позволяет подобрать оптимальный патрон с необходимой энергией. Проведённые оценки позволяют считать, что устройства, использующие монтажные патроны, могут быть основой энергетического модуля автономного подводного аппарата циклического типа: сканирующих буйковых станций и глайдеров. Действительно, масса заряда в монтажных патронах варьируется от 0,2 до 1,4 г и соответственно энергия заряда меняется от 548 до 3800 Дж. Это позволяет подбирать подходящий патрон или их комбинацию для заданной глубины, поскольку принципиальным является давление, достигаемое в водоизмещающем объёме, которое должно быть немного больше, чем в водной среде на заданном горизонте. Доступность и дешевизна патронов (например, патрон Д-1 для монтажного пистолета ПЦ-84 стоит 1,68 р.) являются привлекательным фактором. Охотничьи припасы, которые могут значительно расширить диапазон глубин, за счёт увеличенного заряда пороха (от 1,8 до 2,45 г), также выпускаются и продаются в широком ассортименте так же, как и устройства их снаряжения (примерная цена 14–30 р.). Необходимый объём газовыделения для больших глубин может формироваться набором патронов разных калибров и временем инициации. Кроме того, для глубин превышающих 1500 м и значительных объёмов могут использоваться холостые заряды для охотничьего патрона на основе стандартной гильзы с двухосновным пироксилиновым порохом с зарядом 3–4 г. Это, на-

пример, отечественные пластинчатые и зернёные пороха «Сокол», «Сунар», «Салют», «Сунар СФ», «Барс», «Супербарс». Следует отметить недавно разработанный одноосновный зернёный порох «Ирбис 32» и двухосновный «Ирбис 32М» [7], обладающий повышенной энергоотдачей до 5439 Дж/г.

Приведённые выше оценки и соображения могут служить постановкой технической задачи для начала технического проектирования при наличии финансирования.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. **Комаров В.С.** Способ и устройство управления плавучестью подводного аппарата робота – зонда. Решение о выдаче патента РФ от 04.12.12. № 201112626.

2. **Sherman J., R.E. Davis, W.B. Owens and J. Valdes**, 2001. The autonomous underwater glider' Spray. 'IEEEO oceanicng., 26, 437-446.

3. Википедия. Пистолет-пулемёт / ru.wikipedia.org/wiki/.

4. **Гальвиц У, Мигранина Б.А.** Артиллерийские пороха и заряды. Под ред. Снитко К.К. – М.Оборонгиз, 1950г.

5. **Дементьева Д.И., Кононов И.С., Мамашев Р.Г., Харитонов В.А.** Введение в тезнологию энергонасыщенных материалов. ИИО БТИ БТИ АлтГТУ им.И.И. Ползунова, 2009. с.102-113.

6. «Mossom». Патроны для монтажного пистолета. Артикул №:«patrony». <http://ru.wikipedia.org/wiki/>.

7. **Гиниятов Х. З., Яруллин Р. Н., Анисимов В. Н.** Новый порох "Ирбис", Журнал «Арсенал Охотника» №3, март 2008.

<http://www.ohotnik.net/>.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЧАСТИЦ ВЗВЕСИ И УСТРОЙСТВА РАСПОЗНАВАНИЯ

Игумнова Д.А.

*Учебно-научный молодежный центр (УНМЦ)
«Гидронавтика» МГТУ им. Н.Э. Баумана
2-я Бауманская ул., дом 5, 107005, Москва
8 (499)-263-62-63, dekanat@sm.bmstu.ru*

The present report relates to the field of underwater technology [1] and the marine industry. [2] This work was the development of the previous studies and is an attempt to generalize the experience and the development of algorithms of artificial neural networks for solving the problems of identification finely divided suspended matter in the sea bottom and recognition of objects by their characteristic features.

Настоящий доклад относится к области подводных технологий [1] и морской индустрии [2]. Работа выполнена в развитие предыдущих исследований и представляет собой попытку обобщения опыта и разработки алгоритмов искусственных нейронных сетей для решения проблем идентификации мелкодиспергированных взвесей в морской воде и распознавания донных объектов по их характерным признакам.

Фактически исследование взвеси в морской выполняются путем забора проб воды с требуемых горизонтов и их капсулирования, с последующей лабораторной обработкой результатов, что увеличивает трудоемкость исследований и снижает их оперативность.

Взвеси состоят из частиц размерами от долей миллиметра до нескольких единиц миллиметра, в частности размеры планктона от 0.5 до 20 мм. Задача количественного и качественного анализа взвесей является важной для характеристики продуктивности морских экосистем и оценки их состояния.

Результаты проведенного моделирования позволяют сделать следующие выводы:

– для работы в реальном масштабе времени корреляционный метод требует вычислительной системы очень высокой производительности, затрудняющее длительную автономную работу канала от аккумуляторов;

- в реальных условиях идентификация объектов может быть произведена лишь с определенной, вероятностью пропусков и ложных опознаваний;
- данная схема может использоваться только как один из элементов интегральной схемы, дополненной нейронными сетями и элементами искусственного интеллекта.



Рис.1 Структурная схема канала идентификации частиц взвеси [5,6]

Искусственные нейронные сети – математические модели, а также их программные или аппаратные реализации, построенные по принципу организации и функционирования сетей нервных клеток живого организма, рис. 2.

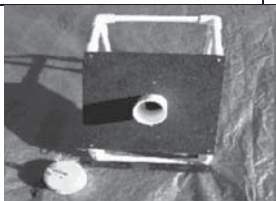
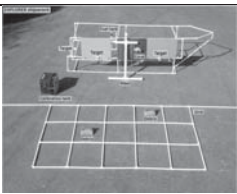
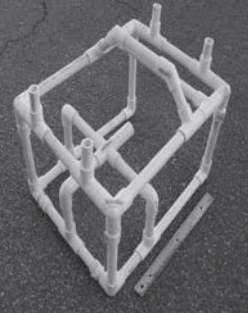
Нейрон представляет собой единицу обработки информации в нейронной сети. Нейрон характеризуется текущим состоянием и обладает группой синапсов — однонаправленных входных связей, соединенных с выходами других нейронов. Аксон — выходная связь данного нейрона, с которой сигнал (возбуждения или торможения) поступает на синапсы следующих нейронов.

Математическая модель нейрона без линии задержки описывается формулой:

$$a = f(W \times X + B) .$$

При создании сети настраиваемые параметры выбираются случайным образом. Затем сеть настраивается так, чтобы максимально точно соответствовать обучающему набору данных. Если настройка производится методом обучения сети, то входные данные обучающего множества последовательно подаются на вход сети, при этом находятся разности между целевыми значениями и действительными значениями на выходе сети и формируется функция ошибки.

Реперные объекты подводных миссий на соревнованиях MATE ROV Competition

2010	2011	2012
		
Миссия MS10	Миссия MS11	Миссия MS12
		
Миссия MS20	Миссия MS21	Миссия MS22
		
Миссия MS30	Миссия MS31	Миссия MS32

Выбор структуры сети. Структура нейронной сети для анализа изображений выбиралась опытным путем. Неплохие результаты были получены при использовании двухслойной сети с прямой передачей сигнала и обратным распространением ошибки, первый слой которой состоял из 40 нейронов с функциями активации в виде гиперболического тангенса, второй – из 1 нейрона с логистической функцией активации. Поскольку выход такой сети будет представлять собой скаляр со значением, лежащим в пределах (0; 1), будет уместно рассматривать результат её работы как вероятность нахождения на тестовом изображении

двери, если в процессе обучения ставить в соответствие изображению, содержащему репер, 1, а изображению, не содержащему репер – 0.

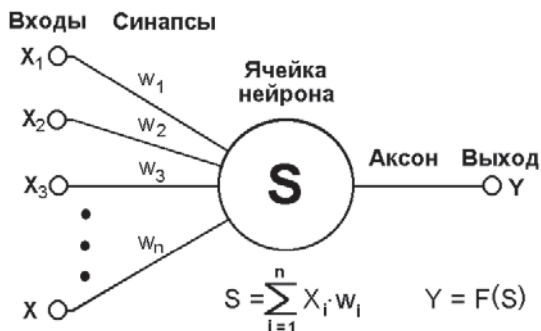


Рис. 2. Модель нейрона, лежащего в основе искусственных нейронных сетей

Подготовка обучающего множества

Для обучения сети использовались 100 цифровых фотографий, 50 из которых содержали изображения метки, и еще 50 – нет. Каждая фотография представляет собой трёхмерный массив байтов, размерностью $(1024 \times 768 \times 3)$. Однако на вход нейронной сети выбранной структуры сигнал может быть подан только в виде вектора, и для комфортного быстрого действия работы с сетью число его элементов должно быть относительно невелико. Поэтому изначально цветные изображения были преобразованы в черно-белые и отмасштабированы. В результате были получены 100 двумерных массивов байтов размерностью (200×150) . Затем при помощи специального алгоритма массивы были «вытянуты» в столбцы, которые составили матрицу входных значений обучающего множества размерностью (100×30000) . Массив целей был сформирован в виде вектора-строки (100×1) , 50 элементов которого равны 1, и еще 50 – 0, в соответствии с изображениями, содержащимися во входном массиве.

Обучение и результаты

Сеть обучалась с максимальным числом эпох, равным 1000, и требуемой величиной ошибки, равной 0.01.

Процесс настройки был остановлен по достижении требуемой величины ошибки на 61 эпохе.

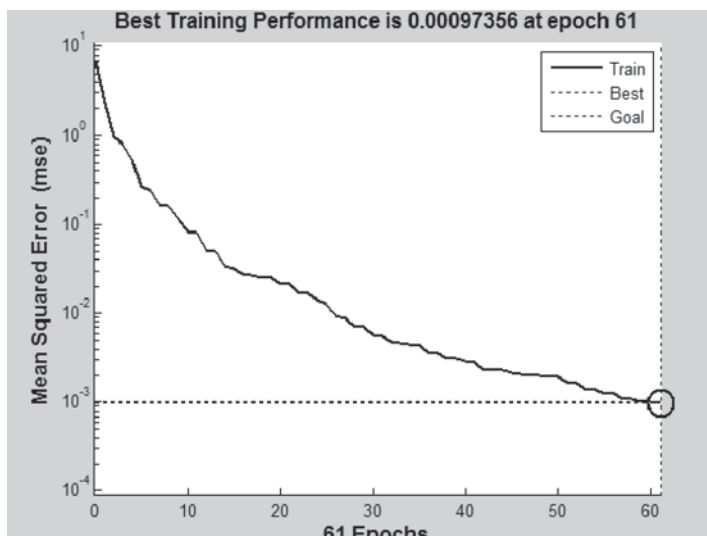


Рис. 3. График зависимости величины ошибки от числа эпох

Для оценки работы сети при помощи неё производилось распознавание контрольного входного множества, состоящего из 6 изображений, 3 из которых содержали метку, и ещё 3 — нет. Были получены следующие результаты:

Алгоритмы обучения	метка	метка	метка	нет метки	нет метки	нет метки	Эпохи
SCG	0.8563	0.9737	1.1316	-0.9762	0.0309	-0.1949	61

Таким образом, получена программа, построенная на принципе нейронной сети, которая способна выполнять поставленную задачу обнаружения реперов на изображении. Сеть обладает значительным потенциалом улучшения за счёт подбора более подходящих параметров структуры и настройки, а также состава обучающего множества.

Заключение

Основываясь на анализе экспериментальных результатов подводных миссий студенческих гидроботов серии АКВАТОР УНМЦ «Гидронавтика», в 2010–2013 гг. а также на теоретических результатах предшественников в области распознавания изображений объектов под водой и на опыте решения тестовых задач можно заключить:

Метод ИНС конкурентно состоятелен, при соответствующем аппаратно-программном обеспечении, в сравнительно-сопоставительном анализе с другими методами, в частности с методами идентификации на основе корреляционных функций.

На основе метода ИНС могут быть разработаны алгоритмы для оценки типа частиц взвеси, пригодные для бортового или берегового анализа параметров подводной среды, а также для систем управления гидроботами ROV при подходе к цели.

Указанные алгоритмы предварительной экспресс-оценки характеристик взвеси актуальны для выполнения работ по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, а также исследования донных гидротермалей – анализ типичных подводных технических миссий ROV.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Подводные технологии и средства освоения Мирового океана. М.: Оружие и технологии, 2011. – 780 с. с илл.
2. Remotely Operated Vehicle of the World.-London England/ Houston USA: Clarkson research servises limited, 2010. 2011. 9th edition. 429 p. ROV.
3. Океанология на старте XXI в. / отв. Ред. А. Л. Верещака; Ин-т океанологии им. П.П. Ширшова РАН. – М. Наука, 2008. – 566 с.
4. **Иванов А. П.** Физические основы гидрооптики. Минск: Наука и техника, 1975. 504 с.
5. **Шаповалов И.С., Оленин А.Л.** Методы анализа параметров воды. Материалы конференции XI международная научно-техническая конференция «Современные методы и средства океанологических исследований». Ч. I. М., 2009. С. 182–191.
6. **Оленин А. Л.** Фотоэлектрический анализатор Патент РФ №2350930, МПК G01N 21/59 Заявл. 12.07.2007; Оpubл. 27.03.2009. Бюл. №9.
7. **Медведев В.С., Потемкин В.Г.** Нейронные сети. MATLAB 6. М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002.
8. **Галушкин А.И.** Нейронные сети: Основы теории. – М.: Горячая Линия – Телеком, 2010. 480 с.

ОСОБЕННОСТИ НАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДВОДНЫХ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сычев В.А.

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН
Нахимовский пр., 36, 117997, г. Москва
8(495) 719-00-35, gbo@mail.ru*

On the base of the review of the modern underwater navigation systems the recommendations are given regarding to the use and the development of their specialized modifications for the archeological investigations. The modifications are proposed that use pingers to determine not only the directions up to the pingers, but also the distances between the system antenna and pingers.

Проведенный анализ рынка показывает, что для решения задач, связанных с навигационным обеспечением подводных археологических исследований, потребитель может использовать широкий спектр навигационных систем, отличающихся по принципу действия и условиям применения. При этом могут быть использованы различные навигационные системы, использующие маяки-ответчики (транспондеры): системы с длинной базой, системы с короткой базой и системы с ультракороткой базой, представленные на рынке такими компаниями, как IXSEA, Kongsberg, Sonardyne и др. [1–3].

Учитывая потребность в навигационном обеспечении работ с малых судов на мелководье, ряд компаний поставляет на рынок модификации таких систем, которые позволяют обеспечить позиционирование относительно судна подводных аппаратов и дайверов (с установленными на них транспондерами) [4–6]. Однако высокая стоимость таких систем и необходимость привлечения квалифицированных кадров обусловила потребность в создании различных, более простых и дешевых, модификаций таких систем, приспособленных для позиционирования как дайверов или подводных аппаратов относительно судна, так и судна относительно дайверов или подводных аппаратов (при возвращении их на судно).

Главной их отличительная особенность заключается в том, что направление на судно или подводный объект определяется в ручном режиме по максимальному сигналу (по максимуму характеристики на-

правленности приемной антенны) от транспондера [7] или пингера [8, 9]. Следует отметить, что в более простых системах, использующих для позиционирования пингеры, оказывается невозможным точное определение расстояния до объекта, что позволяет их использовать только для определения в ручном режиме направления на объекты, на которых установлены пингеры.

В связи с этим возникает потребность в создании модификаций навигационных систем, которые позволяли бы не только более точно определять под водой направление на объект, но и определять расстояние до него без использования более дорогих и сложных систем, использующих транспондеры. Частично указанная задача более точного определения направления на пингер решается пеленгаторе, в котором направление определяется по минимуму характеристики направленности приемной антенны [10].

В другой модификации пеленгатора для определения направления на источник звука (пингер) предлагается использовать приемную антенну, в которой три пары гидрофонов располагаются вдоль координатных осей судовой системы координат. В результате временные задержки между сигналами в этих гидрофонах оказываются пропорциональными направляющим косинусам вектора направления на источник звука [11], что существенно упрощает алгоритм определения координат подводного объекта.

Следует отметить, что при использовании в навигационных системах транспондеров расстояние до них определяется путем измерения временной задержки между моментами излучения сигналов запроса транспондеров и моментами приема сигналов от них. В то же время при использовании пингера со стабильной частотой посылки импульсов f_0 (ПГИ) и приемного устройства с внутренним генератором импульсов (ВГИ) с той же частотой f_0 расстояние до пингера можно определить по изменению временного смещения между указанными импульсами. В предпочтительном случае величина этого смещения устанавливается в «0», когда пингер располагается рядом с приемным устройством. В этом случае расстояние до пингера определяется по величине указанного смещения.

Основным препятствием для реализации такой навигационной системы является потенциальный уход со временем частот ПГИ и ВГИ, которые определяют снижение точности системы, например, к концу рабочего сеанса продолжительностью, для определенности 8 часов.

Для оценки ее можно ориентироваться, например, на технические характеристики современного термостабилизированного кварцевого генератора DS32KHzsn, который используется в приемниках сигналов

GPS. Согласно спецификации частотная стабильность генератора DS32KHzsn составляет $\pm 2 \cdot 10^{-6}$ в рабочем диапазоне температур от 0⁰C до +40⁰C. Нетрудно видеть, что указанные нестабильности не являются препятствием для реализации навигационных систем согласно рассмотренной схеме.

Таким образом, рассмотренный выше подход позволяет использовать пингеры для определения расстояния до подводных объектов, на которых они установлены. В судовых вариантах таких навигационных систем возможны различные модификации. В одной из них для оценки координат подводного объекта, помимо оценки направления на пингер в ручном режиме, определяется расстояние до пингера, что существенно улучшает характеристики пеленгатора. Аналогично, в случае использовании такого пеленгатора дайвером, можно не только пеленговать направление на пингер, но и определять расстояние до него.

При использовании на судне комбинации из рассмотренных выше схем определения направляющих косинусов вектора направления на пингер и расстояния до него она превращается в полноценную навигационную систему, позволяющую определять координаты подводных объектов в судовой системе координат. При этом особого внимания заслуживает случай определения координат аппарата, например, с антенной гидролокатора бокового обзора, буксируемого за бортом судна, которые необходимо вводить в ПО сбора и отображения данных. Следует отметить, что эти координаты обычно оцениваются на основе данных о длине и углу схода буксирной линии.

Таким образом, предлагаемый в докладе подход, основанный на использовании пингеров в подводных навигационных системах, позволяет надеяться на его востребованность, прежде всего, в таких приложениях, как подводная археология, где часто проблематично использование более дорогих и совершенных модификаций навигационных гидроакустических систем.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. <http://www.ixsea.com/>
2. <http://www.km.kongsberg.com/>
3. <http://www.sonardyne.com>
4. <http://www.desertstar.com>
5. <http://www.acsa-alcen.com/positioning-acoustics/gib-lite>
6. <http://www.tritech.co.uk/product/usbl-tracking-system-micronnav>
7. <http://www.rjeint.com/>
8. <http://www.jwfishers.com/pingers.htm>

9. <http://www.etec.dk/index.html>

10. Сычев В. А., Римский-Корсаков Н.А. В сб. МСОИ-07

11. Сычев В.А. Гидроакустическая навигационная система для мини-ПТА. В сб. трудов X международной научно-технической конференции «МСОИ-13». 2007. С.145–149.

УДК 551.46.07

ПОИСК И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОДДОННЫХ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ

Сычев В.А.

Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН

Нахимовский пр. 36, 117997, Москва

8(495) 719-00-35, gbo@mail.ru

The report discusses the problems concerning the search and the identification of the sub-seabed archaeological objects by the hydro acoustic methods. In order to identify such objects we suppose to use the dual-frequency side scan sonars that the high frequency channels form the images of the bottom surface and low-frequency channels form the integral images of the bottom surface and sub-seabed structures. Then the differential images are obtained that carries out the information about the sub-seabed structures.

Проблема поиска, идентификации и мониторинга объектов, располагающихся на поверхности дна, а также под его поверхностью, представляет интерес для широкого круга специалистов. Спектр представленных на рынке технических средств для решения этой проблемы оказывается очень широким [1]. В частности, в случае, если указанные объекты располагаются на поверхности дна, для их обследования с успехом могут быть использованы многочисленные технологии, основанные на использовании различных разновидностей современных гидролокаторов, таких как гидролокаторы бокового обзора (ГБО), многолучевые эхолоты и фазовые ГБО. Более того, использование стандартных пакетов программ, таких как «SonarWiz5» [2], и спутниковых навигационных систем позволяет создать детальные 2-D и 3-D изображения обследуемых участков поверхности дна с детализацией до единиц сантиметров.

В случае же, если объекты поиска оказываются под слоем осадков, их обнаружение, и тем более идентификация, часто может оказаться затруднительными даже при использовании самых современных специализированных средств, таких как акустические профилографы, металлоискатели и магнитометры. В связи с этим целью данного доклада является анализ некоторых проблем, связанных с поиском и идентификацией поддонных археологических объектов и реализацией технических средств для их решения.

Фактически, в настоящее время для поиска поддонных археологических объектов из представленных на рынке гидроакустических средств, могут быть использованы только обычные [3] и параметрические [4] профилографы. Существенным их недостатком является то, что они могут фиксировать только объекты, располагающихся вдоль маршрута судна. При этом более высокое пространственное разрешение параметрических профилографов по сравнению с обычными приводит к еще большему сужению обследованной полосы на дне.

В качестве примера проекта, в котором такие проблемы решались на современном уровне, следует отметить проект MUDSS (Mobile Underwater Debris Survey System), целью которого была разработка технологий поиска и идентификации неразорвавшихся боеприпасов и контейнеров с отравляющими веществами на морском дне [5]. В основу его лежит использование двухчастотного (20 кГц/180 кГц) гидролокатора бокового обзора с синтезированной апертурой, который обеспечивает разрешение в 7,5 см на низкой частоте и в 2,5 см на высокой частоте при дальности до 40 м. Отмечается, что низкочастотный канал обеспечивает проникновение в грунт до 1 м.

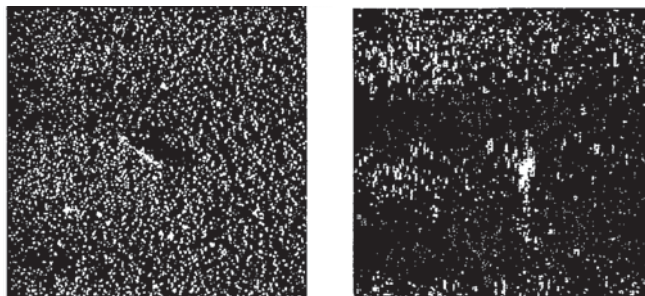


Рис. 1. Изображения 500-фунтовой бомбы, полученные в высокочастотном (слева) и низкочастотном (справа) каналах ГБО с синтезированной апертурой, разработанного по проекту MUDSS

Результаты, полученные по программе MUDSS, показывают всю сложность проблемы поиска и идентификации поддонных объектов и актуальность нахождения компромиссных решений. В особенности это касается приложений, связанных с подводной археологическими исследованиями, где часто проблематично использование дорогостоящей современной аппаратуры и привлечение квалифицированных технических специалистов.

Одно из таких решений заключается в уточнении возможностей гидроакустических средств, которые могут быть использованы для подводных археологических исследований. В связи с этим для случая двухчастотных ГБО возможны два подхода. Первый подход связан с использованием известных двухчастотных ГБО для получения изображений на высокой и низкой частотах с выявлением различий, связанных с подповерхностными структурами. Следует отметить, что разностное изображение может быть получено с использованием стандартной опции указанного выше ПО «SonarWiz5». Для облегчения сравнения изображений, полученных обоими каналами, желательно, чтобы разрешение в этих каналах было одинаковым в используемом диапазоне дальностей.

Второй подход предполагает создание специальных модификаций двухчастотного ГБО, в котором низкочастотный канал работает на частотах, обеспечивающих максимальное проникновение сигнала в грунт [6]. Идеальным решением данной проблемы могло бы быть использование параметрического ГБО, в котором высокочастотный канал формируется на несущей высокой частоте, а низкочастотный канал – на разностной частоте. В этом случае разрешение ГБО на разностной и несущей частоте оказалось бы одинаковым. Однако более реальным в данное время представляется вариант, в котором для формирования высокочастотного канала используется обычный ГБО, а для формирования низкочастотного канала – ГБО, в котором характеристика направленности в режиме приема формируется многоканальной длинной приемной «косой» из пьезоэлементов. При этом требуемое разрешение обеспечивается путем динамической фокусировки в режиме приема сигналов в ближней зоне антенны.

Для иллюстрации потенциальных результатов, которые могут быть получены с использованием двухчастотных ГБО на рис. 2 представлены результаты моделирования процесса покрытия объектов на дне осадками и последующего их выявления с помощью двухчастотного ГБО.

В результате осадконакопления объекты на поверхности дна оказываются, в конце концов, невидимыми для высокочастотного канала ГБО (рис. 2д), в то время как в низкочастотном канале формируется изобра-

жение, которое несет в себе информацию, как о поверхности дна, так и поддонных объектах (рис.2в и г). В таком случае результатом получения разностных изображений должны быть изображения, свободные от проявления поверхностных объектов.

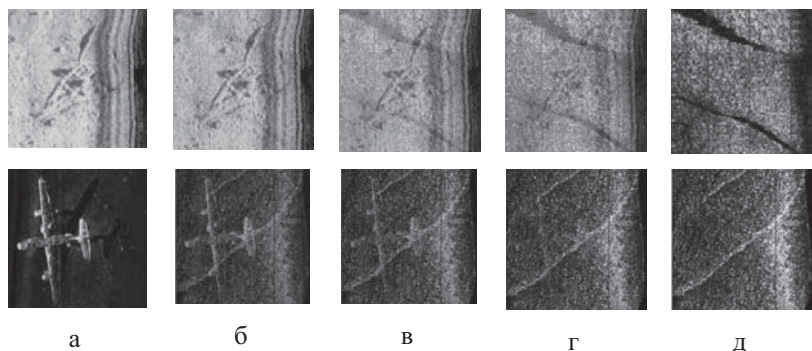


Рис. 2. Результаты моделирования процесса покрытия объектов на дне осадками и последующего их выявления с помощью двухчастотного ГБО

Таким образом, согласно проведенному анализу двухчастотные ГБО могут оказаться эффективным средством для поиска и идентификации поддонных археологических объектов. В случае если осадки, покрывающие такие объекты, имеют незначительную толщину, для указанной цели могут быть использованы известные модели ГБО. В противном случае может оказаться необходимым разработка специальных модификаций ГБО, в которых низкочастотный канал обеспечивает достаточное проникновение звука в грунт.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Никитин Г.А., Р.-Корсаков Н.А., Сычев В.А.** Справочник по техническим средствам изучения параметров природной среды Мирового океана. С.-Петербург, 2010.
2. <http://www.chesapeakeotech.com/products/sonarWiz-5.php>.
3. <http://www.syqwestinc.com/>.
4. <http://www.tritech.co.uk/product/parametric-sub-bottom-profiling-seaking-sbp>.
5. <http://www.serdp.org/Program-Areas/Munitions-Response/Underwater-Environments/MR-52>.

6. Сычев В.А. Двухчастотные гидролокаторы бокового обзора. В сб. «Современные методы и средства океанологических исследований». Т. II. 2007. С. 24–28.

УДК 551.46.07

РЕГИОНАЛЬНЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОДВОДНЫХ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сычев В.А.¹, Фазлуллин С.М.², Дунчевская С.В.²

¹Институт океанологии им. П.П. Шишова РАН

Нахимовский пр., 36, 117997, г. Москва

8(495) 719-00-35, gbo@mail.ru

²НПП «ФОРТ-XXI», г. Королев, Московская обл.

8(903)796-64-51

The report gives an overview of regions in Russian Eastern Europe that have the perspectives relative to underwater archaeological research. It is noted that these regions are located near the areas connected with ancient and medieval states entities. Also we submit an overview of the modern technology that can be used to search for and identify the objects of the underwater cultural heritage. It is proposed to use the consortium structure that minimizes the high cost of the modern technology and the service personnel.

Целью данного доклада является анализ сведений о регионах Восточной Европы, которые представляются перспективными с точки зрения подводных археологов, а также данных о современных технических средствах, которые могут быть использованы для проведения в них подводных археологических исследований. При этом акцент сделан на регионы, приуроченные к акваториям городищ средневековых государственных образований древней и средневековой Руси, таких как Хазарский Каганат, Киевская Русь, Золотая Орда, Казанское Ханство и Астраханское Ханство.

Это связано с тем, что технология проведения подводных археологических исследований в этих регионах имеет свои особенности, связанные, прежде всего, с малой прозрачностью водной среды и специфиче-

кой объектов подводного культурного наследия в данных регионах. Действительно, до настоящего времени в литературе практически отсутствуют сведения об успешных подводных археологических исследованиях в указанных регионах, что связано, очевидно, не столько отсутствием объектов для таких исследований, сколько с малой эффективностью традиционных средств. Вместе с тем появление на рынке современных технических средств и совершенствование технологий их использования позволяет надеяться на изменение указанной ситуации.

Определенное представление о регионах Восточной Европы, с точки зрения их перспективности для археологических исследований, дают данные, представленные в табл. 1, где указаны исторические периоды существования государственных образований и их главные города и акватории, представляющие интерес с точки зрения подводных археологов.

Как видно из приведенных в табл. 1 данных, в акваториях всех крупных рек Восточной Европы имеются регионы, приуроченные, как правило, к столицам древним и средневековым государственным образованиям или к местам важных исторических сражений, где следует ожидать в будущем обнаружение интересных объектов культурного наследия, связанных с различными атрибутами активной торговой и хозяйственной деятельностью. В связи с тем, что большинство таких объектов могли оказаться под слоем осадков, при поиске их и идентификации может оказаться полезным опыт работ по обследованию подводных потенциально опасных объектов [1].

Следует отметить, что до недавнего времени в основу большинства традиционных технологий, обеспечивающих подводные археологические исследования, было положено использование дайвинга и фототелевизионных средств. В определенных случаях альтернативу им могут составить телеуправляемые и автономные подводные аппараты. Однако эффективность использования таких технологий существенно снижается в акваториях рек из-за малой прозрачности водной среды, даже если объекты поиска находятся на поверхности дна. В то же время возможности современной гидроакустической аппаратуры, широко представленной на рынке, позволяют обнаружить и идентифицировать практически любые объекты, лежащие на поверхности дна, хотя это и может потребовать больших затрат времени и финансов, которыми могут часто не располагать подводные археологи.

В случае же, если объекты поиска оказываются под слоем осадков, их обнаружение часто может оказаться затруднительным даже при использовании самых современных специализированных средств, таких как акустические профилографы, металлоискатели и магнитометры.

Следует отметить, что применение любых технологий при проведении подводных археологических исследований в настоящее время невозможно без применения спутниковых и подводных навигационных средств. Перечень всех указанных средств включает гидролокаторы бокового обзора (ГБО), фазовые ГБО, интерферометры, мультибимы, акустические профилографы, магнитофоны и металлодетекторы.

Таблица 1. Регионы Восточной Европы с точки зрения их перспективности для подводных археологических исследований

Государства	Годы	Города	Акватории
Хазарский Каганат	650–969	Итиль, Саркель, Тмутаракань ...	Дон (Цимлянское водохранилище), Черное и Каспийское моря
Киевская Русь	882–1240	Киев, Псков, Новгород ...	Днепр, Дон, Волхов
Древняя Русь	1224–1483	Псков, Новгород, Киев...	Днепр, Дон, Волхов
Золотая Орда	1224–1483	Сарай-Бату, Сарай - Берке, Хаджи-Тархан, Казань, Азов...	Волга, Дон, Кама...
Сибирское Ханство*	1468–1608	Тюмень, Тобольск ...	Иртыш, Тобол
Казанское Ханство	1438–1552	Казань, Булгар ...	Волга, Кама, Ока...
Астраханское Ханство	1459–1556	Хаджи-Тархан, Барн-Тин-Tin...	Волга, Каспийское море ...
Крымское Ханство	1441–1774	Феодосия, Керчь, Балаклава...	Черное и Азовское моря
Волжский и Днепровский торговые пути			Волга, Кама, Ока
Среднее Приочье	1572	Серпухов, Коломна	Ока

Необходимо отметить, что многие, представленные на рынке, технические средства, создавались в расчете на решение задач нефтегазового сектора и военно-морского флота, специфика которых не позволяет им испытывать серьезные проблемы, связанные с привлечением финансов

и квалифицированных кадров. В то же время, как показывает анализ [2], специфика поиска, идентификации и мониторинга объектов подводного культурного наследия позволяет рассчитывать на создание специализированных модификаций указанных средств, которые оказываются более приемлемыми для подводных археологов во многих отношениях. Перспективным также представляется практика привлечения к подводным археологическим исследованиям фирм-разработчиков и продавцов таких технических средств, поскольку они обеспечивают для них площадку для рекламы их продукции и полигоны для проверки уникальных возможностей технических средств.

Одной из возможных организационных форм сотрудничества в данной сфере нам представляется схема консорциума из заинтересованных организаций. Реализация указанного подхода составляет основу активности АНО «Морские технологии» [3], целью которого является создание технических средств, приспособленных для проведения подводных археологических исследований, а также реализация проектов, ориентированных на проведение таких исследований в конкретных акваториях. В качестве примеров указанных средств можно указать параметрический гидролокатор для археологических исследований и модификация подводной навигационной системы на основе стандартных пингеров.

В качестве примера археологических исследований, проведенных по схеме консорциума, можно привести экспедиции на реке Ока в районе д. Деденево и в акватории г.Анапа. Инициаторами этих проектов были АНО «Морские технологии» и Конфедерация Подводной деятельности России, а дорогостоящее оборудование для проведения работ и обработку полученных материалов обеспечило НПП «Форт XXI» [4].

Таким образом, представленный в докладе обзор регионов в Восточной Европы, представляющих интерес с точки зрения подводной археологии, показывает, что, помимо хорошо известных регионов, расположенных на побережьях Черного и Балтийского морей, следует иметь в виду и регионы, приуроченные к акваториям городищ древних и средневековых государственных образований, таких как Хазарский Каганат, Киевская Русь, Золотая Орда, Казанское Ханство, Астраханское Ханство, Волжский и Днепровский торговые пути.

Специфика объектов подводного культурного наследия в этих регионах предполагает, что при их поиске, идентификации и мониторинге может оказаться необходимым применение не только современных технических средств, но их специализированных модификаций. Для минимизации проблем, связанных с высокой стоимостью современных технических средств и необходимостью привлечения квалифицированных

кадров, предлагается использовать схему консорциума из заинтересованных субъектов. В качестве примера такого консорциума рассмотрена структура, включающая АНО «Морские технологии», Конфедерацию подводной деятельности России и НПП «Форт XXI».

ЛИТЕРАТУРА

1. **Сычев В.А., Римский-Корсаков Н.А.** Перспективные направления разработки и применения гидроакустических средств для поиска, идентификации, обследования и мониторинга ППОО. Сб. «Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций». М. 2010. С. 188–202.
2. **Дунчевская С.В., Сычев В.А., Фазлуллин С.М.,** Современные методы поиска и фиксации объектов подводного культурного наследия. В кн. «Юридические и методологические вопросы изучения и сохранения подводного культурного наследия». 2012. С. 199–208.
3. **Сычев В.А.** Инновационный центр: от идеи до реализации. В сб. «Технические проблемы Мирового океана». Владивосток, 2009. С. 147–150.
4. **Sychev V., Fazlullin S., Dunchevskaya S.** Some aspects of the modern hydro-acoustic means application in the underwater archaeology. The Proceedings of the 6-th International Symposium. Turkey, 2012. P. 48–51.

УДК 551.46.07

СИМУЛЯТОРЫ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Сычев В.А.

*Институт океанологии им. П. П. Ширинова РАН
Нахимовский пр. 36, 117997, Москва
8(495) 719-00-35, gbo@mail.ru*

This report focuses the attention on the examples of the successful application of the virtual reality simulators in various areas of the oceanology and the sea technology. We considered the examples of the using of the virtual reality simulator as well as the requirements for the source data that is necessary for their development.

Цель данного доклада заключается в том, чтобы на основе анализа возможностей симуляторов виртуальной реальности (СВР) в различных

сферах научно-технической и рекреативной деятельности показать перспективность их применения в тренажерах подводных аппаратов различных типов, а также для популяризации деятельности специалистов в различных областях океанологии и морской техники. Здесь необходимо отметить, что принципиальное отличие СВР от традиционных средств визуализации заключается в использовании свойства так называемой интерактивности, которое обычно ассоциируется с такой организацией системы, при котором поставленная задача достигается путем информационного обмена между элементами этой системы. При этом отсутствию интерактивности соответствует традиционная ситуация, в которой отображаемая реальность не зависит от реакции субъекта. Соответственно, уровень интерактивности определяется сложностью модели и количеством физических параметров, характеризующих взаимодействие субъекта и среды.

В качестве примера симуляторов, связанных с популяризацией морских приложений можно привести пример технологии «Транс-Форс», которая в приложениях «Батискаф» и «Подводный мир» обеспечивает пользователя трехмерным изображением подводной среды, позволяя ему погрузиться в виртуальную реальность, и превратиться в полноправного участника подводного путешествия [1]. Пользователи приложения могут стать, например, участниками исторического погружения глубоководного обитаемого аппарата «Мир» на Северном полюсе под руководством Артура Чилингарова, или погрузиться в океанские глубины, или следовать вдоль подводного рифа или трубопровода, попутно осуществляя наблюдение за подводной флорой и фауной.

Прогресс в создании СВР обеспечил их чрезвычайно широкое применение в профессиональных и любительских тренажерах. В случае профессиональных тренажеров потребность в них связана с исключительно высокой стоимостью технических средств, для которых они разрабатываются, и с большими затратами на подготовку квалифицированных кадров для их обслуживания. Указанные обстоятельства обусловили широкий ассортимент профессиональных тренажеров, представленных на рынке, включающих, в частности, тренажеры для подводных телеуправляемых аппаратов определенных типов [2].

Что касается любительских тренажеров, то СВР позволяют превратить тренировки на гребных тренажерах, беговых дорожках и т.п. в увлекательную игру, соревнование или путешествие по уникальным местам всего земного шара. Характерным примером таких СВР служат каталоги Virtual Active, которые переносят пользователя на удивительные маршруты, делая тренировки в закрытом помещении такими же прият-

ными, как и на открытом воздухе. Virtual Active позволяет воспользоваться инструкциями профессиональных тренеров, что позволяет выбрать подходящий темп и насладиться удивительными пейзажами [3].

Таким образом, представленная выше информация показывает, что разработка СВР для различных целей, включая создание тренажеров на их основе, является в настоящее время для профильных фирм стандартной задачей. К числу таких фирм относится, в частности, МКБ «Компас», обладающее большим опытом в разработке профессиональных и любительских СВР [4]. В каждом конкретном случае исполнение СВР определяются ее назначением, исходными данными об имитируемой среде и требованиями потребителя.

С другой стороны хорошо известны проблемы, связанные с исключительно высокой стоимостью аренды исследовательских судов при проведении экспедиционных работ. Так, например, аренда судна среднего тоннажа типа НИС «Профессор Штокман» достигает 10 000 долларов в сутки. Для минимизации расходов, связанных с арендой судов, могут быть использованы два подхода. Один из них предполагает необходимость тщательной подготовки операторов подводных аппаратов перед выходом судна в район работ. Другой подход обуславливает широкое использование мини-платформ различных типов с установленной на них аппаратурой, которые позволяют в ряде случаев существенно сократить затраты и повысить эффективность исследований [5].

В обоих случаях применение специализированных тренажеров с СВР позволяет обеспечить успешное проведение работ с минимальными потерями времени.

Существует еще один фактор, связанный с необходимостью поддержания в обществе интереса к результатам работ, полученным в различных океанологических приложениях. Одно из таких приложений связано с подводными археологическими исследованиями, результаты которых оказываются ценными не только для подводных археологов, но и для широкого круга общественности. Для поддержания и развития этого интереса может оказаться полезным не только создание многочисленных аквапарков [6, 7], где располагаются объекты подводного культурного наследия, доступные для осмотра дайверами, но и специально созданные интерактивные СВР, позволяющие увидеть объекты подводного культурного наследия туристам и другим заинтересованным категориям населения.

Таким образом, в настоящее время существуют все условия для создания и широкого использования интерактивных СВР, ориентированных на использование в океанологических приложениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.trans-force.ru/products/aquarius>.
2. <http://www.transas.ru/products/simulators/navigational/rov/>
3. <http://www.vafitness.com/>.
4. <http://mkb-kompas.ru/>.
5. **Сычев В.А., Г.А.Никитин, С.А.Комар.** Мини-платформы для океанологических исследований. В сб. «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики». 2010. С.86-87.
6. **Джордж Басс.** Подводная археология. Москва. 2003.
7. **Фазлуллин С.М.** Подводные парки как инструмент сохранения объектов подводного культурного наследия. В сб. «Юридические и методические вопросы изучения и сохранения подводного культурного наследия. М., 2012. С. 91–116.

УДК 57.087.3

ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОУПРАВЛЯЕМЫХ АВИАМОДЕЛЕЙ САМОЛЕТНОГО ТИПА ДЛЯ ВОЗДУШНОЙ ВИДЕО И ФОТОСЪЕМКИ ПРИБРЕЖНЫХ КИТООБРАЗНЫХ

Беликов Р.А., Белькович В.М.

*Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН
Тел.: +7 926 346 5212, e-mail: mirounga7@rambler.ru*

Radio controlled airplanes were used for aerial video and photo shooting of beluga whales in two critical summer habitats in the White Sea. Obtained results and possible perspectives of using mini UAV for marine mammal researches are discussed.

Авиаучеты, проводимые с помощью специально оборудованных самолетов и вертолетов – традиционный метод исследования распределения и численности морских млекопитающих [1]. В последнее время в связи с бурным развитием техники значительно возрос интерес к возможности использования в этих целях различных альтернативных средств: летательных аппаратов сверхлегкой авиации (в том числе мотодельтапланов и мотопарапланов [2]), а также беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [3].

По сравнению с использованием средств «большой» авиации применение БПЛА имеет ряд очевидных преимуществ: низкий риск для персонала, рентабельность, оперативность, возможность съемки на низких высотах и вблизи объектов. Однако высокая стоимость беспилотных авиационных систем и сложности получения разрешений на их использование в настоящее время сильно сдерживают их широкое применение в гражданской сфере [4]. Вместе с тем, исследования морских млекопитающих включают в себя целый спектр относительно простых задач (например, воздушное наблюдение и локальный учет), решить которые, по-видимому, можно с помощью гораздо более доступных технических средств, таких как радиоуправляемые авиамodelи.

Работы проводились в июне–августе 2011–12 гг. в двух репродуктивных скоплениях (РС) беломорских белух (*Delphinapterus leucas*): 1) у м. Белужий о. Соловецкий (соловецкое РС) и 2) у о. Роганка (мягостровское РС). Использовали две коммерчески доступные авиамodelи с электродвигателями: 1) специализированный FPV (First Person View) самолет Skywalker 1680 (размах крыльев – 1,68 м) с толкающим винтом и 2) мотопланер Radian Parkzone TM (размах крыльев – 2 м) классической схемы. Аппараты были модифицированы с целью увеличения полезной нагрузки и возможности эксплуатации над водной поверхностью. Бортовое оборудование (электроника и видеокамеры) было герметизировано. Отдельные узлы ЛА подвергнуты специальной водозащитной обработке.

Первоначально предстояло выяснить, насколько данные модели пригодны для полетов в реальных морских (прибрежных) условиях. В качестве факторов, ограничивающих применение аппаратов, рассматривались погодные условия (осадки и скорость ветра), наличие площадок пригодных для запуска и посадок, а также воздействие разных мешающих факторов (таких как, например, опасность столкновения с птицами). Выяснилось, что наиболее существенным ограничением является агрессия со стороны морских колониальных птиц, в то время как погодные условия и удобные площадки становятся менее важными факторами по мере совершенствования навыков пилотирования.

Запуск ЛА осуществлялся с рук, посадка – на неподготовленную площадку, покрытую травой. Управление производили с помощью стандартного пульта дистанционного управления, наблюдая за моделью со стороны (т.е. полеты проходили в ручном режиме в зоне прямой видимости). Аппараты не были оснащены дополнительными электронными средствами стабилизации или автоматизации полета. Полезная нагрузка составляла от 250 до 600 г и включала видеокамеры переднего, бокового и нижнего обзора. Однако, т.к. первые полеты показали, что

наиболее информативной является вертикальная съемка, дальнейшие запуски осуществлялись лишь с камерами нижнего обзора, которые жестко крепились в специальных боксах под крылом модели. В основном, в качестве бортовых регистраторов использовали две экстрим видеофотокамеры: GoPro Hero и GoPro Hero2.

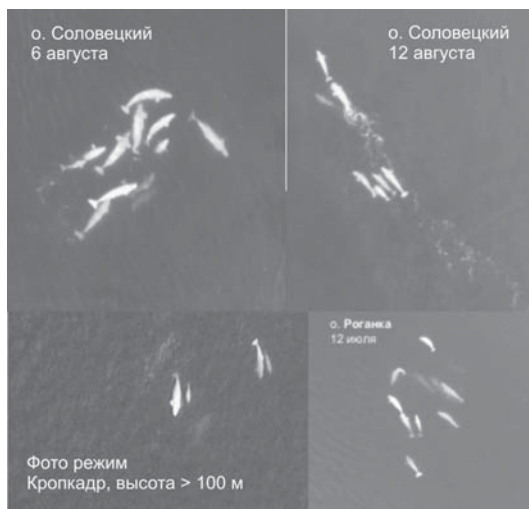


Рис. 1. Примеры стопкадров и фрагмента фотоизображения

Всего за два сезона наблюдений было совершено более 60 полетов (тестовых и рабочих) общей продолжительностью более 14 часов. Выяснилось, что при близком расположении белух (не далее 300–400 м от берега) использование планера более целесообразно, чем применение быстролетящего FPV самолета. В связи с этим, большинство полетов было выполнено с помощью мотопланера. Полеты осуществляли при отсутствии осадков и скорости ветра – не более 5–7 м/с. Практическая дальность полетов составила около 400 м, высота от 10 до 100 м, скорость от 0 (зависание планера) до 40 км/ч, продолжительность от 15 до 30 мин. Недалеко от места запуска находилась страхующая лодка. Обе модели имели хорошие летные характеристики, отличались стабильностью полета и легкостью управления. При первых проходах ЛА над белухами на сверхмалых высотах (менее 20 м) животные могли проявлять слабую негативную реакцию, однако они быстро адаптировались и переставали реагировать на ЛА.

Методика съемки заключалась в многократных проходах ЛА над группами белух. Старались варьировать высоту, скорость и направление захода на цель. Съемку осуществляли в видео и в фото режиме с максимально возможными параметрами. Использовали режим интервальной фотосъемки с частотой 2 кадра в секунду.

Проведенная работа имела большое методическое значение, т.к. она позволила в реальных морских условиях отработать навыки ручного управления авиамоделью и выяснить перспективы и ограничения использования мини БПЛА для исследования прибрежных морских млекопитающих. Сделаны уникальные видеозаписи, использованные для создания документального фильма и нескольких видеороликов. Собранные материалы пригодны для определения численности и возрастно-полового состава групп белух, а также для исследования их поведения. Однако ограничение полетов ближней зоной и кратковременность “контакта” аппарата с объектом съемки несколько снижают научную ценность данного метода сбора данных. Очевидно, что решение этой проблемы связано с внедрением FPV систем (полет по видеокамере), использованием мультиторных вертолетов и высококачественных цифровых фотоаппаратов. Такие усовершенствования должны расширить зону наблюдения до 2–3 км, увеличить время контакта с объектом съемки до нескольких минут и значительно повысить качество получаемого изображения.

В будущем автоматизация систем управления ЛА приблизит авиамоделю к уровню полноценных беспилотных авиационных систем, что сделает их применение для исследования морских млекопитающих крайне перспективным.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Белькович В.М.** Некоторые биологические наблюдения за белой с самолета // Зоол. журн. 1960. Т. 39. №9. С.1414–1422.
2. **Shpak O.** Testing a powered paraglider for abundance counts and photo ID of coastal beluga (*Delphinapterus leucas*) aggregations in the western Sea of Okhotsk, Russia. // ECS conference 2011. Abstract book. P. 92.
3. **Hodgson A.J., Noad M., Marsh H., Lanyon J., Kniest E.** Using unmanned aerial vehicles for surveys of marine mammals in Australia: test of concept // Final report to the Australian marine mammal centre 30 April 2010. P. 76.
4. **Зинченко О.Н.** Беспилотный летательный аппарат: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования. М.: Ракурс, 2011. С. 12.

VI. ВОДОЛАЗНАЯ ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

ГИПЕРБАРИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Яхонтов Б.О.

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

Efficiency of hyperbaric technologies and diving methods of oceanologic researches is discussed.

Гипербарические технологии океанологических исследований целесообразно разделить на водолазные технологии (проведение исследований под водой водолазами) и собственно гипербарические технологии (исследования в лабораторных гидробарокамерах при давлениях, соответствующих изучаемым глубинам).

Водолазные спуски и работы как один из методов подводных исследований широко применяется во многих странах при изучении океана. Единственным ограничением использования водолазных методов является глубина погружения, что связано исключительно с физиологическими особенностями организма. Разработанные методы водолазных спусков при наличии научных и производственных задач, а также технических средств позволяют работать в диапазоне глубин до 400–500 м. Но, к сожалению, даже в прибрежной зоне, где эффективность водолазных методов наибольшая, океанологические исследования в России до настоящего времени проводились в небольшом объёме.

Основные задачи океанологии, решаемые с помощью водолазных методов, направлены, прежде всего, на проблемы экологии и придонной океанологии шельфа. Мировой опыт изучения шельфовой зоны показывает, что придонные исследования не должны исключать применения водолазных методов, так как при этом требуется выполнение ручных экспериментов, сбор и подсчет изучаемых образцов на месте. Требуется также и установка на грунте донных приборов, седиментационных ловушек и других устройств.

Перспективность и целесообразность развития водолазных методов подводных исследований была подтверждена в 1968–1973 гг. при реализации программы «Черномор».

Для обеспечения работ в море были построены для Института научно-исследовательские суда с водолажными комплексами. С использованием глубоководного водолазного комплекса на НИС «Витязь» в Атлантике и в Средиземном море были проведены исключительные по научной значимости исследования на различных глубинах. Этими исследованиями был успешно завершён этап апробации водолазных методов океанологических исследований.

Практика показала, что использование водолазных методов эффективно, а потому, по мнению океанологов, необходимо при проведении многих научных работ под водой, в частности:

- изучение геоэкологии шельфа и морских берегов;
- исследование процессов обмена веществ на границе вода-грунт, процессов переноса и биотурбации осадков на глубинах шельфа;
- наблюдение и подсчёт представителей донной фауны;
- изучение роли донного населения в формировании экологической обстановки на шельфе;
- исследования шельфовых и прибрежных зон, донной растительности, роли макрофитов в прибрежных экосистемах;
- изучение состояния морских экосистем в условиях антропогенного воздействия;
- установка и обслуживание исследовательских буйев, донных приборов и станций;
- подсчёт и сбор водолазами различных донных геологических и биологических образцов;
- подводная фото-, видео- и телевизионная съёмка.

Несмотря на то, что уровень развития технологий подводных погружений позволяет достаточно эффективно применять подводные аппараты и телеуправляемые роботы, идеальной альтернативы человеку под водой нет. В отличие от технических средств исследований водолаз может на месте анализировать ситуацию и выполнять поставленные задачи, действуя по обстановке.

Технологии водолазных спусков основаны на двух методах: кратковременного погружения (КП – частичное насыщение тканей организма инертным газом) и длительного пребывания (ДП – полное насыщение тканей организма инертным газом) под повышенным давлением в барокамерах водолазных комплексов.

Как показала сравнительная апробация и анализ, для океанологических исследований наиболее эффективной, экономичной и безопасной,

относящейся к методу КП, является методика спусков в автономном режиме (рис. 1), то есть с применением дыхательных аппаратов с замкнутой схемой дыхания, автоматической регулировкой состава дыхательной смеси и компьютерным расчетом режима декомпрессии на месте [1, 2]. После отработки режимов спусков этот метод может стать основным при погружениях в научных целях. Однако эффективность данной методики, как и в целом метода КП, снижается при спусках на глубины свыше примерно 100 м, так как время декомпрессии возрастает до неприемлемых величин. Это определяет необходимость перехода на метод ДП, при котором время декомпрессии не зависит от времени пребывания на данной глубине. При работе в морских условиях метод ДП реализуется в судовых глубоководных водолазных комплексах (ГВК).



Рис. 1. Подготовка водолаза к спуску в автономном режиме и работа на грунте (фото из архива С.В. Черкашина)

Не менее эффективными при использовании в научных целях являются береговые ГВК. Это – многофункциональные барокамерные комплексы, в которых имитируются не только глубины по фактору давления, но и водолазные спуски. В некоторых крупных зарубежных береговых комплексах на «глубинах» до 1000 м в воде по температуре имитируются арктические и тропические условия, а также переменные течения, соленость и загрязненность воды в целях изучения влияния этих факторов на подводные технические устройства и среду.

Кроме водолазных методов, для океанологических исследований высокоэффективным является метод имитации глубин в гидробарокамерах (тест-камерах). Этот метод позволяет изучать влияния гидростатического давления на морские объекты (биологические, геологические и другие) и проводить испытания относительно габаритных приборов и аппаратов с регистрацией необходимых параметров. При наличии в тест-камере иллюминаторов, герморазъемов, системы поддержания температурных режимов, обеспечения необходимой солёности воды и другого

оснащения возможно приблизить условия в камере к реальным морским, а по фактору давления эти условия воспроизвести и получать научную информацию с недоступных другими методами глубин (рис. 2).

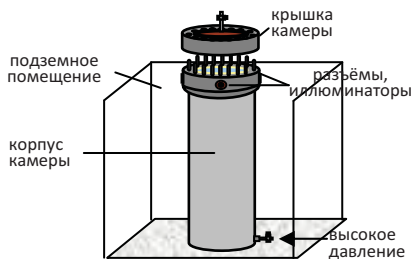


Рис. 2 Тест-камера высокого давления для имитации глубин океана до 9000 м в Южном отделении ИО РАН (модернизирована специалистами службы гипербарического комплекса под руководством О.Н. Скалацкого)

В настоящее время в различных исследовательских центрах мира используются барокамеры и гидробокамеры высокого давления, в которых имитируются глубины океана. Для океанологических исследований компанией WSFIndustries, Inc. (США) производится гидростатическая тест-камера для имитации глубин океана с выводом необходимой информации по проводным и оптоволоконным системам. Получили распространение также и гипербарические аквариумы для изучения флоры и фауны на имитированных глубинах. В ряде научных центров имеются тест-камеры для исследований и испытаний приборов и подводной техники под давлением порядка 1500 атмосфер. Французская компания Comex, которая занимает передовые позиции в области разработки и создания гипербарического и водолазного оборудования, по заказам производит небольшие камеры на давления до 3000 атмосфер, в том числе специально для биологических исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Черкашин С.В.** Глубоководные водолазные спуски методом кратковременных погружений / Ж. Наука и транспорт. 2011. – № (спецвыпуск 2011). – С. 70–73.
2. **Черкашин С.В.** Глубоководные водолазные спуски в автономном режиме. Перспективы развития / В кн.: Подводные технологии и средства освоения Мирового океана. Издательский дом «Оружие и технологии», М., 2011. – С. 518–527.

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ВОДОЛАЗОВ И УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ СРЕДЫ В БАРОКАМЕРЕ

Яхонтов Б.О., Куренков Г.И.

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

The monitoring system of the physiological status of divers in the barochamber is presented. Possibility of management by the hyperbaric environment on a deviation of physiological parametres is discussed.

Система контроля состояния водолазов в условиях гипербарии включает в себя комплекс контрольно-диагностической аппаратуры для получения оперативной информации о состоянии основных физиологических систем организма. Комплекс состоит из аппаратурных модулей и блоков, которые адаптированы для передачи информации от водолаза из барокамеры (рис. 1) с целью принятия решения о дальнейших действиях руководителя «спуска».

Данный комплекс позволяет контролировать состояние дыхательной, сердечно-сосудистой и центральной нервной систем в условиях гипербарии, что обеспечивает получение информации для экспресс-диагностики функциональных сдвигов в организме под влиянием факторов повышенного давления.

Следует отметить, что во многих гипербарических центрах используются в основном отдельные приборы для контроля состояния функций организма, хотя практика показала эффективность именно системного подхода к данной проблеме.

Поскольку контроль функционального состояния организма водолазов, находящихся в барокамере под повышенным давлением, является одной из составляющих частей общей системы жизнеобеспечения, контрольно-диагностический комплекс аппаратуры должен работать во взаимосвязи с комплексом газового анализа и контроля физических параметров, а также с другими системами формирования и поддержания состава дыхательной гипербарической среды. С учетом высокой стоимости комплексов аппаратуры оперативного контроля состояния организма и исследовательской аппаратуры рациональным является использование одного комплекта аппаратуры для решения обеих задач, тем

более, что при научных физиологических исследованиях, как правило, используются такие же приборы, как и при оперативном контроле, только более высокого технического и функционального уровня.

В состав исследовательского и контрольно-диагностического комплекса должны входить современные высокочувствительные и высокоточные газовые анализаторы с системой возврата смеси в барокамеру. Предпочтительным анализатором является масс-спектрометр с временем ответа (95%) 0,1 секунды. Это позволяет анализировать газовый состав смешанной выдыхаемой смеси для расчетов показателей дыхательного газообмена (потребление кислорода $\dot{V}O_2$, л/мин и выделение двуокси углерода $\dot{V}CO_2$, л/мин), а также парциальные давления кислорода и двуокси углерода в альвеолярном газе (PaO_2 и $PaCO_2$).

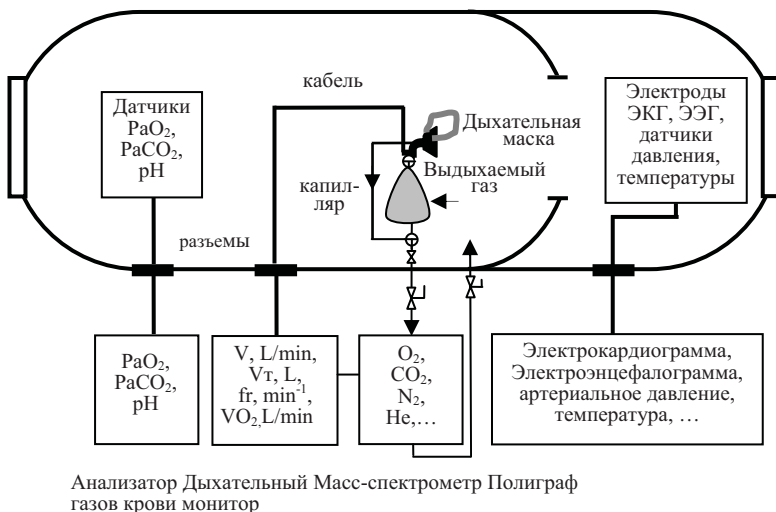


Рис. 1. Схема организации контроля физиологического состояния водолазов в барокамере

Для расчета показателей газообмена с помощью дыхательного монитора определяются величины легочной вентиляции ($\dot{V}$, л/мин), частоты дыхания (f , min^{-1}) и дыхательного объема (V_T , л). Эти показатели определяются с помощью датчика турбинного типа или пневмотахометрического датчика типа трубки Флейша или Лили, через который дышит обследуемый в барокамере водолаз. Выдыхаемая газовая смесь поступает в дыхательный мешок и далее через микровентиль на анализ. Ана-

логовые сигналы от анализатора и дыхательного монитора поступают на компьютер для расчета показателей вентиляторной функции организма, дыхательного газообмена и их производных.

Для анализа газов крови в барокамере используется модифицированный анализатор, состоящий из двух блоков. Измерительный блок с датчиками (электродами) PaO_2 , PaCO_2 и pH с системой электронной термокомпенсации, расположенный в барокамере, блок регистрации показаний – вне камеры. Эти два блока имеют кабельное соединение через герморазъем в стенке барокамеры. Анализатор газов крови в такой компоновке может применяться и для анализа O_2 и CO_2 в газовой фазе с высокой точностью.

Электрофизиологические обследования (электрокардиография-ЭКГ, электроэнцефалография-ЭЭГ, электромиография-ЭМГ и другие), а также измерения артериального давления и температуры производятся по классическим методикам с передачей электрического сигнала по кабелю через электрогерморазъем на регистрирующий прибор с компьютерной обработкой информации. Оптимальным вариантом является использование универсального физиологического прибора – полиграфа, который регистрирует, обрабатывает и выдает информацию по всем каналам для диагностики и принятия решения.

Поскольку состояние физиологических систем организма находится в зависимости от искусственной дыхательной среды в барокамере, их основные функциональные изменения в определенной степени являются критерием оптимальности для организма водолаза величин параметров гипербарической среды. При выходе этих параметров за пределы установленной нормы реакции физиологических систем изменяются, для их нормализации необходима корректировка физических параметров среды. Как правило, нормируемые параметры среды поддерживаются системой жизнеобеспечения (СЖО) в пределах нормы в течение всего времени пребывания водолазов в барокамере. Однако в ряде случаев управление системой жизнеобеспечения может осуществляться и в зависимости от изменения физиологических показателей при условии высокой корреляции между данным физиологическим показателем и параметром среды. Схема управления гипербарической средой по отклонению физиологических показателей (рис. 2) включает в себя одновременный контроль состояния организма по физиологическим показателям и измерение физических параметров среды (PO_2 , PCO_2 , PN_2 , CO , температура, влажность). Эти данные обрабатываются компьютером в реальном времени и передаются для диагностики состояния организма в зависимости от параметров среды. На основании полученных результа-

тов принимается решение о необходимости воздействия на дыхательную среду в барокамере через систему жизнеобеспечения.

Конечно, управление средой по отклонению физиологических показателей не может лежать в основе принципов работы СЖО. Функциональное состояние организма является лишь в определенной степени критерием эффективности функционирования этой системы. В основном же функциональные сдвиги в организме есть показатель действия гипербарической среды на организм. Но в любом случае точный контроль физиологических функций организма является неотъемлемой частью общей системы жизнеобеспечения.



Рис. 2. Схема управления гипербарической средой по отклонению физических и физиологических параметров

При оперативном контроле состояния водолазов в барокамере необходимо регистрировать наиболее информативные показатели, изменение которых тесно связано с изменениями параметров дыхательной газовой среды, однако, корреляционные связи между изменением физиологических показателей и параметров газовой среды изучены недостаточно полно. Следует отметить, что функциональное состояние организма зависит не только от рассматриваемых параметров среды, но и от множества других факторов, действующих в ограниченном замкнутом объеме с гипербарической средой, основой которой являются инертные газы (азот и гелий), которые также оказывают биологическое действие на организм.

ЭФФЕКТЫ ДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ ГИПЕРБАРИЧЕСКОЙ СРЕДЫ НА ОРГАНИЗМ ВОДОЛАЗА

Яхонтов Б.О.

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

Physiological effects of action of factors of the hyperbaric environment on an organism of divers are discussed.

Эффекты действия гипербарической среды на организм сводятся к физиологическим реакциям, которые не зависят от метода водолазного спуска – кратковременного погружения (КП) или длительного пребывания (ДП) под повышенным давлением, поскольку действующие факторы гипербарической среды одинаковы. Разница состоит лишь в степени выраженности этих реакций, так как временная разница между этими двумя методами огромна и может быть более чем 100-кратной. Поэтому выраженность одних и тех же реакций может быть по некоторым физиологическим системам значительной, а при нарушениях условий ДП, или даже КП, эти реакции могут переходить в патологические. Но если физиологические реакции считаются специфическими для данных условий, то есть они неизбежны, то патологические к таковым не относятся, так как они возникают лишь при нарушении установленных правил и режимов работы в условиях гипербарии. Необходимо иметь в виду, что при длительном воздействии гипербарических факторов на организм физиологические реакции в течение всего периода пребывания под давлением по степени выраженности не бывают одинаковыми. Они могут быть циклическими, а иногда, по прошествии нескольких суток, слабыми или даже отсутствовать. На малых и средних глубинах это может быть связано с процессами адаптации к условиям гипербарии.

Существенное различие между методами КП и ДП заключается ещё и в том, что при традиционных кратковременных спусках на глубины до 60 м водолаз, как правило, дышит сжатым воздухом, а это при многосуточном пребывании под давлением, эквивалентным даже небольшой глубине 10–12 м, требует постоянного медицинского контроля в связи с токсическим действием кислорода. Поэтому при погружениях методом ДП парциальное давление кислорода (PO_2) может поддерживаться в пределах 0,21–0,30 кгс/см² в зависимости от длительности пребывания

под давлением. Снижение PO_2 ниже нормоксического уровня ($0,21 \text{ кгс/см}^2$) приводит к гипоксии (кислородной недостаточности в организме), превышение допустимого уровня – к гипероксии и, как следствие, к отравлению кислородом при длительном дыхании.

Все реакции на умеренную гипоксию направлены на компенсацию недостатка кислорода. В диапазоне содержания кислорода в смеси 18–12% ($0,18\text{--}0,12 \text{ кгс/см}^2$) в условиях покоя недостаток кислорода может быть компенсирован, хотя и немалой физиологической «ценой». При этом вентиляция легких резко возрастает (на 50–100%), повышается артериальное давление, увеличивается частота пульса, усиливается кровообращение, увеличивается содержание эритроцитов и гемоглобина в крови. При такой гипоксии водолаз не способен эффективно выполнять физическую работу под водой.

Повышение парциального давления кислорода так же отрицательно влияет на функциональные возможности организма. Гипероксия сопровождается развитием комплекса реакций. Все реакции на гипероксию зависят от уровня повышенного PO_2 и длительности воздействия. Первые выраженные физиологические реакции на гипероксию приблизительно в пределах PO_2 до 1 кгс/см^2 (соответствует чистому кислороду при нормальном давлении) обнаруживаются в дыхательной системе, они направлены на ограничение доставки кислорода: уменьшение легочной вентиляции, циркуляции крови, сужение сосудов головного мозга, уменьшение количества эритроцитов и гемоглобина в крови и другие. Угнетение дыхательной функции приводит к задержке выделения CO_2 и накоплению его в организме, что в свою очередь может усиливать токсическое действие кислорода. В целом эти реакции противоположны тем, которые наблюдаются при гипоксии.

Длительное действие гипероксии сопровождается реакциями со стороны центральной нервной и сердечно-сосудистой систем. Физиологические реакции переходят в патологические, когда кислород начинает оказывать токсическое действие на организм. Это происходит, или при относительно кратковременных (в пределах 3–4 часов) экспозициях при больших величинах PO_2 ($1\text{--}3 \text{ кгс/см}^2$), или при длительных (многосуточных) воздействиях умеренно гипероксических смесей (более $0,3 \text{ кгс/см}^2$). Было установлено, что нетоксичные величины PO_2 находятся в пределах 160–220 мм рт. ст. ($0,21\text{--}0,30 \text{ кгс/см}^2$). Это подтверждено многими исследователями и практикой водолазных спусков методом длительного пребывания в жилых отсеках барокамер. Вместе с тем, допускается работа под водой при дыхании кислородом на глубинах не более 20 м ($PO_2 - 3 \text{ кгс/см}^2$) в течение 20 минут с учётом предрасположенности

водолаза к токсическому действию кислорода. На глубинах до 10–15 м время работы может быть увеличено до 120–30 минут соответственно.

При спусках методом КП, кроме гипероксии, на организм водолаза оказывает большое влияние повышенное парциальное давление азота. Его наркотическое действие проявляется, начиная с глубин приблизительно 30 м, и внешне выражается в изменении поведенческих реакций в зависимости от глубины. Начальные изменения таких реакций могут наблюдаться и на глубинах порядка 20 м. По этим причинам рабочие водолазные спуски на сжатом воздухе в России ограничены глубиной 60 м, за рубежом в ряде стран – 50 м. Длительное пребывание на глубинах до 40 м с использованием азота возможно лишь при поддержании в искусственной азотно-кислородной смеси PO_2 на нетоксичном уровне. Но при этом давление азота будет повышено на величину снижения давления кислорода, что приведёт к более сильному наркотическому эффекту.

Для метода ДП, который эффективен при глубоководных спусках (более 60 м), характерным является то, что для дыхания водолазов (акванавтов) используются дыхательные смеси, основным компонентом которых является гелий. Этот инертный газ не обладает наркотическим действием подобно азоту. Кроме того, плотность гелия в семь раз меньше, чем азота, поэтому в такой среде частично снимается ряд проблем, связанных с механикой дыхания. Но в связи с тем, что теплопроводность гелия в 6 раз выше, чем азота, появляются другие проблемы, связанные с теплообменом между организмом и средой и его влияниями на центральную нервную систему. Все эти проблемы имеют лимитирующее значение для освоения глубин водолазным методом. Однако в диапазоне достигнутых человеком глубин (534 м в море и 701 м в барокамере) плотность и теплопроводность дыхательной среды не являются лимитирующими факторами. Плотность нивелируется путем частичной замены гелия более лёгким водородом. Температурный режим искусственно поддерживается в оптимальных для данных условий пределах – 32–34°C. Фактор плотности, по-видимому, не будет лимитировать глубину погружения, так как имеются экспериментальные подтверждения возможности выполнения физической работы средней тяжести при плотности, соответствующей глубине 1500–2000 м при условии дыхания смесью, содержащей гелий и водород. Кроме того, показано, что дыхательный газообмен почти не зависит от плотности дыхательной среды. Но это не означает, что водолаз достигнет таких глубин. Влияние таких давлений на организм человека неизвестно, а длительность декомпрессии неприемлема.

Серьёзным барьером является развитие нервного синдрома высокого давления (НСВД). Этот физиологический барьер на пути в глубину может появляться при давлениях, соответствующих глубинам более 100 м. Симптоматика НСВД проявляется как тремор конечностей, сонливость, нарушение мышечной координации. При давлениях порядка 3,0 МПа (глубина 300 м) и более у водолазов может наблюдаться апатия, тошнота, расстройства равновесия, спутанность сознания, периоды микросна, изменение электрической активности мозга. У животных в острых опытах с быстрой компрессией до больших глубин наблюдаются судороги. Все эти проявления являются результатом действия исключительно давления и скорости его повышения при компрессии. Но этот физиологический барьер преодолим в диапазоне достигнутых человеком глубин при снижении скорости компрессии и применении ступенчатой компрессии с выдержками на промежуточных глубинах. Эффективным является также метод добавления в гелио-азотно-кислородную дыхательную смесь дополнительного количества азота (до 10%), который в данном случае действует как физиологический антагонист гелия.

Эти эффекты действия гипербарической среды на организм можно свести к нескольким укрупненным физиологическим факторам, которые являются проблемными, с ними связана эффективность и безопасность водолазных погружений. Это – кислород (гипероксия и гипоксия), плотность (механика дыхания и газообмен), биологическое действие инертных газов (гипербарический наркоз и нервный синдром высокого давления), теплообмен, обмен инертными газами между организмом и средой (компрессия и декомпрессия).

Эти факторы были и остаются основным предметом внимания и изучения, поскольку они являются не только физиологическими барьерами при погружениях, но и потенциальными источниками опасности. Поэтому погружения в научных целях, особенно на средние и большие глубины, независимо от метода спусков, должны выполняться профессиональными водолазами, прошедшими предварительную подготовку по методикам выполнения исследовательских заданий. При этом система обеспечения безопасности водолазных спусков должна соответствовать рискам и включать не только нормативные правовые документы, но и эффективное и надежное снаряжение и оборудование.

ВОДОЛАЗНЫЕ МОБИЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ НА ГЛУБИНЫ ДО 100 М

Крымцев О.А.

*Научно-техническая фирма «Специальное оборудование судов и
глубоководная техника», НТФ «ОСГ»
ул. Звездная, д.11, к.1, офис 15Н, 196066 г.С.-Петербург а/я 120
8(812) 456 37 71, krymtsev1939@mail.ru*

Paper present the working out of NTF “OSG” firm concerning the mobile container diving system ADS-60 “Arctic”(60 m); transportable self-propelled diving catamaran TSDC-60 (60 m); autonomous mobile diving system AMDS-60(60 m); transportable containerized saturation diving system TDS-100 (100 m).

В докладе представлены разработки НТФ «ОСГ», связанные с созданием мобильных водолазных комплексов:

– АВК-60 «Арктика», для работ в арктических условиях на глубинах до 60 м, размещаемого по функциональному признаку в трёх стандартных международных контейнерах.

– ТСВК-60, транспортального самоходного водолазного катамарана для работ на глубинах до 60 м.

– ГВК-60, глубоководного автономного мобильного водолазного комплекса для работ на глубинах до 60 м, включающего два функциональных модуля, размещаемых в двух стандартных 20-футовых контейнерах, перевозимых любым видом транспорта.

– МГВК-100, мобильного глубоководного водолазного комплекса для обучения водолазов и работ на глубинах до 100 м, состоящего из 25-футового контейнера с водолазным колоколом и спуско-подъёмным устройством и 25-футовой рамы, на которой смонтирован контейнер со стационарной барокамерой и спасательной всплывающей барокамерой.

Водолазный мобильный комплекс для работ в арктических условиях на глубинах до 60 м АВК-60 «Арктика»

Комплекс предназначен для работ на подводных объектах с ледовых полей, плавбуровых установок, стационарных морских платформ, судов и плавсредств на глубинах до 60 м одновременно двух водолазов.

АВК-60 «Арктика» выполнен в модульном исполнении и размещается в 3-х контейнерах (блоках) ИСО.

Оборудование комплекса скомпоновано по функциональному признаку и размещено в стандартных международных контейнерах:

– **энергоблок** (дизель-генераторы, компрессоры ВВД, баллоны хранилища, фильтры, водо-подогреватель для подачи горячей воды водлазам, оборудование для подводной сварки и резки, механизированные инструменты для подготовки во льду майны, сеть для выборки битого льда, складные навесы и ветрозащитные тенты, мастерская, санузел для персонала и др., а также надувная лодка «Зодиак», грузовые балки, тали, съемные светильники);

– **блок водолазных работ** (2-х отсекая барокамера на 1,0 МПа со шлюзовым и лечебным отсеками; водолазная беседка или полуколокол; СПУ с выдвижной рамой; газохранилище; калорифер обогрева блока; электрораспределитель; пульт управления спуском водолазов; станция связи с водолазами и барокамерой руководителя работ; вентилируемое и автономное водолазное водообогреваемое снаряжение; ручной и механизированный водолазный инструмент; грунтосос; средства сварки и резки и др. приспособления, а также осмотровый необитаемый аппарат; санузел; стеллажи; грузовая балка и тали для баллонов и др.);

– **жилой блок** (2-х ярусные койки на 10 чел; камбуз с э/плитой и холодильником; калорифер обогрева блока; санузел и душевая; система питьевой воды и др.).

Транспортабельный самоходный водолазный катамаран для работ на глубинах до 60 м ТСВК-60

ТСВК-60 представляет транспортабельное судно-катамаран, оборудованное водолажным комплексом для спуска 2-х водолазов на глубины до 60 м, способное работать в автономном режиме.

Корпус изготавливается из алюминиево-магниевого сплава или из стали. Рубка находится в носовой части катамаран, имеет круговой обзор и оснащена пультом управления движением судна и пультом управления спуском водолазов.

На расположенной за рубкой водолазной палубе имеется мундул для спуска водолазной беседки, оборудованной сидениями, вьюшками КШС, корзинами для инструмента, светильниками.

В машинном отделении (МО), расположенном за водолазной палубой, размещены механизмы СПУ, основной и стояночный ДГ, э/компрессор, котёл горячей воды для водолазов, пульт управления механизмами СЖО, сушильный шкаф для водолазного белья.

В корпусах катамарана размещены две 2-х ярусные койки, санблок с унитазом, умывальником, душем, э/плитой.

В жилом отделении размещены: декомпрессионная барокамера на 2 человек, газохранилище с воздушными и кислородными баллонами, водолазная кладовая, продкладовая, холодильник, выемный бак пресной воды и выемные баки для бензина и дизтоплива.

На кормовой балке – 2 подвесных мотора по 100 л.с.

В передней части на крыше рубки размещена откидывающаяся мачта с радиолокатором, радиопеленгатором, антенной радиопередатчика, сигнальными огнями. При транспортировке мачта поворачивается вокруг оси и фиксируется вдоль передней части рубки. В передней части корпуса размещены эхолот и магнитометр.

ТСВК-60 оборудован водоотливной и топливной системами и автопротивопожарной системой в отсеках топливных баков и МО.

Основные технические характеристики ТСВК-60:

- наибольшая длина – 11600 мм, наибольшая ширина 3250 мм, высота при транспортировке – 3350 мм;

- осадка при полном водоизмещении – 0,85 м, полное водоизмещение – 13,2 т, скорость хода – не менее 8 узлов, автономность – 3 суток;

- экипаж: 4 чел, в т.ч. водолазы – 2, механик – 1, капитан-руководитель водолазных спусков – 1;

- готовность к работе – немедленно после приема топлива и запасов воды и продовольствия.

Глубоководный автономный мобильный водолазный комплекс ГВК-60 для работ на глубинах до 60 м

ГВК-60 предназначен для одновременной работы 2-х водолазов на дне и пребывания 2-х водолазов в барокамере на поверхности.

Область применения: открытые (без ледового покрова) акватории при спокойном течении и незначительном волнении на поверхности.

ГВК-60 включает два функциональных модуля, размещаемых в 2-х стандартных унифицированных 20-футовых контейнерах, перевозимых любым видом транспорта по бесперегрузочной схеме «от двери до двери».

Первый модуль включает СПУ в виде выдвижной рамы и 2-х местную барокамеру.

Во втором (силовом) модуле расположены установки энергосилового питания, а также для проживания и функционирования 4-х водолазов и 2-х работающих на поверхности операторов.

В качестве базы может быть использовано любое плавсредство, способное нести груз массой 10 т с размером площадки под ГВК-60 не более 50 м².

Вынос беседки за контейнер – не менее 4 м.

Потребляемая мощность – 28 кВт.

Масса контейнера с СПУ и БК – ок.6200 кг.

Ориентировочная продолжительность развёртывания ГВК-60 – 2 ч силами 2-х человек.

Мобильный глубоководный водолазный комплекс для работ на глубинах до 100 м МГВК-100

Мобильный глубоководный водолазный комплекс МГВК-100 предназначен для обучения 6 водолазов работам с борта плавсредства на глубинах до 100 м.

Подача горячей воды, дыхательных газов, энергии производится от береговых установок и газохранилища.

Комплекс включает:

- 25-футовый контейнер (№ 1) с ВК, приёмным отсеком, СПУ в виде выдвигающейся балки со шкивами грузовой лебёдки, лебёдки направляющих тросов и лебёдки КШС, маслостанцией для подачи масла на гидромоторы, аварийным ДГ, системой освещения;

- раму длиной 25 футов, на которой смонтирован контейнер барокамеры (№ 2) длиной 4,9 для 6 водолазов и всплывающая камера для спасения находящихся в барокамере водолазов при угрозе гибели плавсредства.

VII. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА МОРСКИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 574.58.001.573+519.6

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТРАНСФОРМАЦИИ СОЕДИНЕНИЙ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЭКОСИСТЕМЕ ВИСЛИНСКОГО ЗАЛИВА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Подгорный К.А.

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН
пос. Борок, Некоузский р-он, Ярославская обл., 152742, Россия
Факс: 8-(48547)-24042. E-mail: kapborok@mail.ru*

Spatially heterogeneous simulation model was developed for the study of ecological processes in the Vistula Lagoon of the Baltic Sea. In this paper was considered of the structure and main features of the model.

Трансграничное положение Вислинского залива Балтийского моря (ВЗ) диктует необходимость выстраивания паритетных отношений между Россией и Польшей в вопросах изучения и рационального использования ресурсного потенциала залива, а также сохранения и улучшения его экологического состояния. Всестороннее и полноценное решение подобного рода задач невозможно без разработки соответствующих математических моделей водной экосистемы для оценки и прогноза качества воды ВЗ.

К настоящему времени для ВЗ имеется только зарубежный опыт разработки и применения пространственно неоднородной имитационной математической модели для оценки качества водной среды [1, 2]. Отечественных работающих модельных разработок для ВЗ, способных служить инструментом при решении первостепенных экологических задач, на сегодняшний день нет. Всесторонняя проверка работоспособности модели Delft 3D WAQ, выполненная в работе [2] для периода 1998–2000 гг., выявила ряд существенных недостатков этой модели. Они связаны, прежде всего, с недостаточно адекватным выбором ее структуры и очень упрощенным описанием многих механизмов процессов трансформации биогенных элементов. Кроме того, имеется ряд

принципиальных и трудно устранимых сложностей, которые относятся к подготовке исходных данных наблюдений.

Конечная цель данной работы состоит в том, чтобы разработать принципиально иной, отличный от имеющейся модели Delft 3D WAQ, вариант структуры пространственно неоднородной имитационной математической модели для исследования процессов биотрансформации форм углерода, азота, фосфора, кремния и динамики растворенного кислорода в водах ВЗ и в деятельном слое донных отложений. Затем, на следующем этапе с помощью моделирования будет проведено всесторонне изучение взаимосвязанного комплекса гидрологических, гидрохимических, биохимических, экологических процессов, условий и особенностей формирования сырьевой базы и биопродуктивности акватории ВЗ. В рамках данной работы мы рассмотрим только принципиальные моменты, на которые в первую очередь необходимо было обратить внимание при выборе структуры биохимического блока имитационной модели, описании механизмов процессов трансформации биогенных веществ и теми особенностями, с которыми приходится сталкиваться в процессе подготовки исходных данных для выполнения расчетов.

Несмотря на значительный объем данных наблюдений экологического состояния ВЗ, которые привлекаются нами для разработки общей структуры биохимического блока модели и выполнения в дальнейшем модельных расчетов, необходимо принимать во внимание следующее, общие особенности всех имеющихся для ВЗ исходных данных:

- существует достаточно высокий – в среднем 10–30 % (а в ряде случаев и до 60–80 %) – статистический разброс данных относительно их средних значений [2];

- проведение нелинейного корреляционного анализа показало, что между различными гидрохимическими и гидробиологическими компонентами водной экосистемы ВЗ имеет место высокая временная изменчивость (как внутри-, так и межгодовая);

- ряд важных для построения модели параметров и данных либо отсутствует совсем, либо получен в результате эпизодических наблюдений;

- некоторые данные получены с нарушением принципа синхронности проведения наблюдений (особенно это относится к данным по рекам) [2];

- ряд данных необходимо привлекать из литературных источников;

- из-за имеющихся пропусков в данных (как по времени, так и по пространству) необходимо проводить соответствующие процедуры интерполяции и/или экстраполяции для того, чтобы получить соответ-

вующие значения данных в нужной точке пространства на необходимый момент времени;

– существует ряд показателей, которые могут быть получены не в результате их прямых измерений, а путем пересчета (с той или иной погрешностью) из других, но измеренных непосредственно в водной среде величин.

Для подготовки файлов входных данных наблюдений нами применялась процедура сплайн-интерполяции. Поскольку в исходных данных имеет место существенный их статистический разброс и высокая степень неопределенности, то при выполнении интерполяции дополнительно используются еще и алгоритмы моделирования нормально распределенных случайных величин. Применение процедур статистического моделирования является важным свойством модели, поскольку это позволяет создавать временные стохастические ансамбли входных данных и учитывать тем самым наблюдающуюся их изменчивость.

Модель включает в себя несколько основных блоков: гидродинамический, гидротермический, гидрооптический и биохимический. В данной работе мы остановимся только на основных свойствах биохимического блока имитационной модели. В нем рассматриваются 45 переменных состояния водной экосистемы ВЗ. Из них 35 переменных относятся к водной среде и 10 – к донным отложениям. Биомассы гетеротрофных бактерий выражаются в единицах углерода, азота, фосфора и кремния. Фитопланктон разделен на три основные систематические группы: диатомовые, сине-зеленые и зеленые водоросли. Биомассы диатомовых водорослей выражаются в модели в единицах азота, фосфора и кремния, а биомассы сине-зеленых и зеленых водорослей – в единицах азота и фосфора. Биомассы простейших организмов выражаются в модели в единицах азота, фосфора и кремния. Зоопланктон по типу питания разделен на две основные группы: растительноядный (мирный) и хищный. Соответственно этому биомассы мирного зоопланктона выражаются в модели в единицах азота, фосфора и кремния, а хищного – в единицах азота и фосфора. Биомассы макрофитов вычисляются в единицах азота и фосфора. С помощью биохимического блока воспроизводится совместная биотрансформация форм C, N, P и Si, которые поступают в акваторию ВЗ со сточными водами и стоком рек, в результате водообмена с Гданьским заливом Балтийского моря, процессов седиментации и ресуспензии донных отложений, а также в результате взаимодействия переменных в меняющихся условиях при совместном воздействии природных и антропогенных факторов. Предложенный в модели химико-кинетический аппарат позволяет изучать сложные биохимические, хи-

мические и физико-химические процессы и осуществлять математическое моделирование биотрансформации биогенных веществ (БВ).

Система соответствующих уравнений модели, в частности, позволяет:

- рассчитать запас взаимозаменяемых соединений С, N, P и Si для каждой группы гидробионтов;
- оценить скорости потребления гидробионтами отдельных С, N, P и Si-содержащих субстратов;
- оценить суммарные скорости потребления соединений С, N, P и Si гидробионтами;
- рассчитать удельные скорости метаболических выделений и отмирания гидробионтов в единицах С, N, P и Si;
- учесть зависимость коэффициентов трансформации БВ от температуры воды;
- рассчитать скорости изменения концентраций БВ за счет взаимодействия химических и биологических компонентов, которые строятся на основе принятой схемы взаимодействия веществ;
- оценить скорости поступления БВ их внешних источников;
- рассчитать скорости изменения концентраций БВ за счет процессов седиментации и ресуспензии донных отложений;
- предусмотреть возможность использования нелинейной модели для описания скорости разложения детрита;
- предусмотреть возможность учета влияния метаболических выделений сине-зеленых водорослей на скорость изменения биомассы мирного и хищного зоопланктона;
- предусмотреть возможность применения алгоритма, согласно которому коэффициенты предпочтения гидробионтами тех или иных источников пищи будут непрерывно изменяться в процессе расчета в соответствии с изменениями концентраций тех или иных взаимозаменяемых веществ. Таким образом, вся модель приобретает новое качество и становится адаптивной моделью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Delft 3D WAQ, v. 2.02: detailed description of processes. Technical reference manual. – Delft, the Netherlands: Delft Hydraulics, 2005. – 386 p.
2. **Witek Z., Zalewski M., Wielgat-Rychert M.** Nutrient stocks and fluxes in the Vistula lagoon at the end of the twentieth century. – Slupsk-Gdynia, 2010. – 186 p.

**ОЦЕНКА ВЕЛИЧИН ПРОДУКЦИИ, МЕТАБОЛИЧЕСКИХ
ВЫДЕЛЕНИЙ И СМЕРТНОСТИ ПЛАНКТОННЫХ
ОРГАНИЗМОВ В ВОДАХ НЕВСКОЙ ГУБЫ ФИНСКОГО
ЗАЛИВА ПО ДАННЫМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Подгорный К.А.¹, Леонов А.В.²

*¹Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН
пос. Борок, Некоузский р-он, Ярославская обл., 152742, Россия
Факс: 8-(48547)-24042, E-mail: kapborok@mail.ru*

*²Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН
Нахимовский проспект, 36, 117997, Москва
Факс: 8-(499)-1245987. E-mail: leonov@ocean.ru*

This paper presents the main results of the simulation to evaluate production, metabolic excretion and mortality of plankton organisms in the waters of the Neva Bay Gulf of Finland.

Цель данной работы состояла в том, чтобы на основе разработанной ранее имитационной математической модели для исследования процессов биотрансформации форм азота, фосфора и динамики растворенного кислорода в водах Невской губы (НГ) Финского залива провести изучение взаимосвязанного комплекса гидрологических, гидрохимических, биохимических, экологических процессов. Важный этап обобщения данных о функционировании экосистемы НГ связан с изучением балансов биогенных веществ условий и особенностей формирования сырьевой базы и биопродуктивности акватории НГ, оценкой величин продукции, метаболических выделений и смертности планктонных организмов.

На необходимость решения данной задачи указывают многие исследователи. Для решения поставленной задачи необходимо не только проведение натурных измерений, но и наличие соответствующей методики расчета баланса, в основе которой должна быть экологически полноценная математическая модель экосистемы. Поскольку все основные формы N и P в имитационной модели отслеживаются, то оценки их потоков для любого участка и всей акватории в целом должны выявить характерные особенности формирования запасов форм N и P за счет

внутренних и/или внешних источников. Решение этой задачи позволяет подойти к всестороннему изучению механизмов функционирования экосистемы НГ.

На данном этапе исследований все расчеты балансов биогенных веществ выполнены с использованием только биохимического блока имитационной модели и для всей акватории НГ в целом. Это сделано потому, что необходимо было, прежде всего, выяснить основные, наиболее важные пути трансформации и перераспределения БВ в НГ. И только затем уже можно переходить к более детальному их исследованию с учетом пространственного распределения веществ по акватории. Решение этой задачи будет выполнено в дальнейших наших исследованиях.

Биохимический блок имитационной модели включает в себя 17 переменных состояния водной среды: концентрации растворенных фракций органического N (DON) и P (DOP); минеральных форм P (DIP) и N – аммония NH_4^+ , нитритов NO_2^- и нитратов NO_3^- ; взвешенных форм N и P – в составе детрита (ND и PD); биомасс гидробионтов в единицах азота и фосфора – гетеротрофного бактериопланктона (BN и BP), фитопланктона (FN и FP), простейших (PrN и PrP) и зоопланктона (ZN и ZP), а также растворенного в воде O_2 . Моделирование проведено по материалам наблюдений за период с 1984 по 1987 гг.

Результаты модельных расчетов показали, что в НГ за период 1984–1987 гг. среднееголетние суммарные значения продукции планктона в единицах азота (суммарные по всем группам планктонных организмов, которые рассматривались в модели) с мая по октябрь менялись в пределах от 806,8 до 1038,1 т N/мес. Доля гетеротрофного бактериопланктона в суммарной продукции составляла за этот период времени от 44,1 до 97,7 %. Она была более высокой в мае и в сентябре–октябре (соответственно 86,4 %, 83,9 % и 97,7 %). В летние месяцы вклад бактериопланктона в величину суммарной продукции планктона был менее значителен и составлял 44,1–57,2 %. Вклад первичной продукции фитопланктона в величину суммарной продукции всего планктона менялся в пределах 1,0–26,2 %. В летние месяцы он составлял 14,8–26,2 %. Продукция простейших организмов в цикле азота сопоставима с первичной продукцией. Вклад продукции простейших в величину суммарной продукции всего планктона за период времени с мая по октябрь менялся от 0,6 до 27,3 %, а в летние месяцы – от 20,4 до 27,3 %. Как показали данные моделирования, доля зоопланктонных организмов в величине суммарной продукции планктона в течение всего периода времени с мая по октябрь невелика – от 0,5 до 2,8 %.

За период 1984–1987 гг. среднееголетние суммарные значения метаболических выделений планктона в единицах азота с мая по октябрь менялись в пределах от 75,0 до 200,6 т N/мес. Доля метаболических выделений гетеротрофного бактериопланктона от суммарных значений в летние месяцы составляла 40,6–49,3 % и была значительно выше в мае и в сентябре–октябре – соответственно 74,5 %, 78,6 % и 94,5 %. Доля метаболических выделений фитопланктона составляла в летние месяцы 17,7–25,2 %, а в мае, сентябре и октябре – 17,2 %, 9,3 % и 3,1 % соответственно. В цикле азота сопоставимый с фитопланктоном вклад в суммарные значения метаболических выделений планктона вносили и простейшие организмы. Доля метаболических выделений простейших с мая по октябрь менялась в пределах от 1,1 до 31,3 %. Доля зоопланктонных организмов в величинах суммарных значений метаболических выделений планктона в течение всего периода времени с мая по октябрь была невелика – от 1,0 до 3,4 %.

Результаты моделирования показали, что в НГ за период 1984–1987 гг. среднееголетние суммарные значения (в единицах азота) убыли всех групп планктона в результате процессов их отмирания с мая по октябрь менялись в пределах от 594,1 до 747,7 т N/мес. Основную роль в этом процессе играют организмы гетеротрофного бактериопланктона. Расчеты показывают, что его доля в летние месяцы составляла 64,5–72 %, а в мае и сентябре–октябре она была еще выше – соответственно 88,3 %, 87,4 % и 96,7 %. Доля фитопланктона в суммарных значениях смертности всех групп планктона на протяжении всего вегетационного периода менялась от 1,1 до 9,1 %, а простейших организмов – от 1,7 до 24,7 %. Роль зоопланктонных организмов и в этом процессе была невелика. Данные моделирования показали, что доля зоопланктонных организмов в величинах суммарных значений смертности планктона в течение всего периода времени с мая по октябрь находилась в пределах 0,4–1,8 %.

Результаты модельных расчетов показали, что в НГ за период 1984–1987 гг. среднееголетние суммарные значения продукции планктона в единицах фосфора (суммарные по всем группам планктонных организмов, которые рассматривались в модели) с мая по октябрь менялись в пределах от 86,2 до 106,0 т P/мес. Доля гетеротрофного бактериопланктона в суммарной продукции составляла за этот период времени от 45,3 до 98,2 %. Эта доля была более высокой в мае и в сентябре–октябре (соответственно 87,1 %, 87,2 % и 98,2 %). В летние месяцы вклад бактериопланктона в величину суммарной продукции планктона был менее значительным и составлял 45,3–60,1 %. Вклад первичной

продукции фитопланктона в величину суммарной продукции всего планктона менялся в пределах 0,8–25,6 %. В летние месяцы он составлял 13,4–25,6 %. Продукция простейших организмов в цикле фосфора, также как и в цикле азота, сопоставима с первичной продукцией. Вклад продукции простейших в величину суммарной продукции всего планктона за период времени с мая по октябрь менялся от 0,5 до 26,7 %, а в летние месяцы – от 18,1 до 26,7 %. Как показали данные моделирования, доля зоопланктонных организмов в величине суммарной продукции планктона в течение вегетационного сезона невелика – всего от 0,4 до 2,7 %.

Результаты моделирования показали, что в НГ за период 1984–1987 гг. среднемноголетние суммарные значения метаболических выделений планктона в единицах фосфора с мая по октябрь менялись в пределах от 20,3 до 26,5 т Р/мес. Доля метаболических выделений гетеротрофного бактериопланктона от суммарных значений в летние месяцы составляла 62,5–70,2 % и была значительно выше в мае и в сентябре–октябре – соответственно 87,7 %, 90,9 % и 98,4 %. Доля метаболических выделений фитопланктона составляла в летние месяцы 10,5–16,2 %, а в мае, сентябре и октябре – 8,7 %, 4,8 % и 1,2 % соответственно. В цикле фосфора, также как и в цикле азота, сопоставимый с фитопланктоном вклад в суммарные значения метаболических выделений планктона вносили и простейшие организмы. Доля метаболических выделений простейших с мая по октябрь менялась в пределах от 0,2 до 20,7 %. Как показали данные моделирования, доля зоопланктонных организмов в величинах суммарных значений метаболических выделений планктона в течение всего периода времени с мая по октябрь была весьма невелика – от 0,1 до 0,8 %.

Результаты расчетов показали, что в НГ за период 1984–1987 гг. среднемноголетние суммарные значения (в единицах фосфора) убыли всех групп планктона в результате процессов их отмирания с мая по октябрь менялись в пределах от 58,7 до 75,8 т Р/мес. Основную роль в этом процессе играют организмы гетеротрофного бактериопланктона. Расчеты показывают, что его доля в летние месяцы составляла 59,7–69,3 %, а в мае и сентябре–октябре она была существенно выше – соответственно 87,0 %, 87,2 % и 96,9 %. Доля фитопланктона в суммарных значениях смертности всех групп планктона на протяжении всего вегетационного периода менялась от 0,9 до 8,5 %, а простейших организмов была несколько выше – от 1,7 до 29,3 %. Роль зоопланктонных организмов в этом процессе невелика. Данные моделирования показали, что в цикле фосфора доля зоопланктонных организмов в величинах суммарных значений смертности планктона в течение всего периода времени с мая по октябрь находилась в пределах 0,6–2,6 %.

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Джамбеков А.М.

*ФГБОУ ВПО Астраханский государственный
технический университет
ул. Татищева, 16, , г. Астрахань, 414025, Россия
тел. (8512)61-43-00; факс 61-43-66; e-mail: post@astu.org*

Currently, remote sensing has replaced ice reconnaissance aircraft. To monitor the state of the ice cover in the Northern Caspian uses satellite photos. Radar remote sensing techniques are used to control water pollution of the oil film. In contrast to other seas, the Caspian Sea, satellite data are also used to monitor geodynamic activity.

Начиная примерно с середины 70-х годов, на Каспийском море проводились авиационные наблюдения за загрязнением поверхности моря нефтяной пленкой, которые охватывали в основном акватории морских нефтяных промыслов. Следует отметить, что в рамках этих работ была отработана методика авиационных наблюдений, позволяющая оценить количество нефти на поверхности моря и, отчасти, степень ее трансформации [1].

Чуть позже для исследования устьев рек, береговой и шельфовой зоны Каспийского моря стала использоваться космическая фотосъемка. Основным предметом этих исследований были геоморфологические процессы в прибрежной зоне в связи с колебаниями уровня Каспийского моря [2].

В настоящее время спутниковое зондирование пришло на смену авиационной ледовой разведке. Для контроля состояния ледяного покрова Северного Каспия используется спутниковые фотографии. Наряду с ледовыми процессами осуществляется спутниковый контроль температуры поверхностного слоя воды, что делалось и ранее [3].

Широкое распространение для исследования динамики полей уровня Каспийского моря получила спутниковая альтиметрия. Кроме того, методы спутникового нивелирования используются для привязки уровне-

мерных устройств. Буквально недавно такая работа была выполнена для постов, расположенных на российском побережье Каспия.

Радиолокационные методы спутникового зондирования используются для контроля загрязнения акватории нефтяной пленкой. Предлагается использовать для этой цели также комплекс наблюдений в инфракрасном и видимом спектрах, менее дорогостоящий и более оперативный. Такие эксперименты проводятся в настоящее время и на Каспийском море [4].

За развитием спутниковых технологий контроля нефтяного загрязнения внимательно следят нефтегазовые компании, действующие на Каспии, более других заинтересованные в использовании этих технологий для экологического мониторинга акваторий, отведенных для нефтегазодобычи, а также для контроля аварийных разливов нефти [5].

Спутниковые методы используются на Каспии так же, как на других морях, для оценки состояния фитопланктона и его активности. В отличие от других морей, на Каспии спутниковые данные используются также для контроля геодинамической активности (извержениями подводных грязевых вулканов, активностью подводных грифонов, выделениями инертных и углеводородных и других газов и т.п.).

В основном спутниковая информация используется в научно-исследовательских целях. Для мониторинга морской среды применяются только данные наблюдений за температурой воды и ледяным покровом. Трудности, связанные с регулярным получением спутниковой информации и ее интерпретацией, препятствуют более широкому использованию спутниковых данных для экологического мониторинга Каспийского моря [6].

Опыт других морей, в частности, Черноморского побережья, показывает, что наиболее эффективным для решения задач экологического мониторинга является комплекс спутниковых, авиационных и судовых наблюдений в сочетании с численным моделированием процессов, происходящих в морской среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Иванов В.П., Сокольский А.Ф.** Научные основы стратегии защиты биологических ресурсов Каспийского моря от нефтяного загрязнения. Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2000. – 181 с.
2. **Яблонская Е.А.** Каспийское море. Фауна и биологическая продуктивность. – М: Наука, 1985. – 276 с.
3. **Израэль Ю.А.** Экология и контроль состояния природной среды. М., 2007. – С. 47.

4. Порохнин А.П., Курапов А.А. Экологическая среда нефтегазового комплекса Каспийского моря// Публикация на портале экологических проблем Каспия <http://caspiy.net/stati.html>.

5. Джамбеков А.М., Марков А.А. Перспективы использования космических систем экологического мониторинга в нефтегазовой отрасли на примере предприятия ГПЗ ООО «Газпром Добыча Астрахань»// Материалы V Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум» (15 февраля – 31 марта 2013 года) <http://scienceforum.ru/2013/93/215>.

6. Бузмаков С.А., Костарев С.М. Введение в экологический мониторинг. Учеб. пособие. – Пермь, Перм. гос. ун-т, 2009. – 178 с.

УДК 551.464

ОЦЕНКА МНОГОЛЕТНЕЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ УГЛЕРОДНОГО ЦИКЛА

Никитин Г.А.

*Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН
Нахимовский проспект, 36, 117997, Москва*

Given are the evaluation of carbon cycle change within the last 60 years. Demonstrated are that oceanic absorption of carbon from the atmosphere increases in parallel with the growth of its emissions and became 2.7 time higher during the period in question.

В настоящее время, когда идет речь об изменениях климата, обсуждается в основном влияние «парникового» эффекта и прежде всего увеличивающейся концентрации углекислого газа в атмосфере, а так же уменьшение способности биоты суши и Мирового океана поглощать углерод из атмосферы.

При этом практически все исследователи убеждены, что повышение концентрации этого газа в атмосфере является только делом рук человека, т.е. происходит за счет промышленных выбросов, вырубки лесов, сжигания древесины, пожаров, засух, опустынивания земель и сельскохозяйственных «усилий».

Если просуммировать все выбросы углекислого газа в атмосферу по годам и из них вычесть количество этого газа, остающегося каждый год

в атмосфере, можно получить то количество газа, которое ежегодно поглощалось биотой суши и Мировым океаном. В настоящее время такие данные имеются с 1950 года. Конечно, степень их надежности далека от абсолютной, однако в первом приближении получить необходимые оценки возможно.

Индустриальные выбросы углекислого газа в атмосферу документированы и могут быть учтены с 1950 г. Из многочисленных литературных источников (монографии, учебники и статьи) известно, что за счет вырубки лесов, сжигания древесины, пожаров и засух в атмосферу с 1950 г. по настоящее время поступает ежегодно 2–4 ГтС. Опустынивание и деградация земель приводит к выделению ежегодно около 1 ГтС в год. Сельскохозяйственные «усилия» человечества добавляют ежегодно к этому еще не менее 1 ГтС. Кроме того, численность землян быстро растет: 1820 – 1 млрд, 1930 – 2 млрд, 1960 – 3 млрд, 1975 – 4 млрд, 1987 – 5 млрд, 1999 – 6 млрд и 2011 – 7 млрд. Ежегодный прирост в наше время – около 77 млн чел, из них в развивающихся странах почти 90%. Кстати, по прогнозам 1980-х годов в 2000 г. ожидали 7,8 млрд человек, а не 6.

Человек в час выдыхает 25–35 л CO_2 . Примем 30 л/час. Тогда за сутки – 720 л или 1,411 кг CO_2 , а за год – 515,1 кг CO_2 или 140,4 кг С. Все население за год – 0,983 Гт С. Если к этому добавить часть животного мира Земли (сельскохозяйственных животных и диких стадных животных, находящихся вне лесных массивов), то получим около 1,2 Гт С в год.

В последние годы отмечается довольно быстрое увеличение численности термитов. Число их особей оценивается от 1015 до 1017 штук. Их около 2800 видов. Выделение ими метана в атмосферу при оценке углеродного цикла уже учитывается. Размеры термитов разных видов оцениваются от 5 до 12 мм для «рабочих» и от 10 до 20 мм для «солдат». Масса термитов колеблется от 0,05 до 3 г. Преобладают мелкие термиты. Примем массу термита около 0,1 г, а их численность 1016 штук. Тогда масса всех термитов составит 1 Гт, а выдыхаемый ими CO_2 – около 1,9 ГтС в год. Понятно, что если среднюю массу термита увеличить в 2 раза, то и количество выдыхаемого термитами углерода увеличится в 2 раза и составит 3,8 ГтС в год.

Количество углерода, остающееся в атмосфере, может быть оценено по данным об измеренной концентрации углекислого газа, которые документированы (до 1958 г. приняты средние данные для каждого года, а с 1958 г. – известные данные обсерватории Мануа-Лоа).

Если просуммировать перечисленные выбросы углерода по годам с учетом их нарастания (график 1 на рис. 1) и вычесть из них количество углерода, остающееся ежегодно в атмосфере (график 2 на рис. 1), то

получится ежегодное количество углерода, поглощаемое биотой суши и Мировым океаном (график 3 на рис. 1).

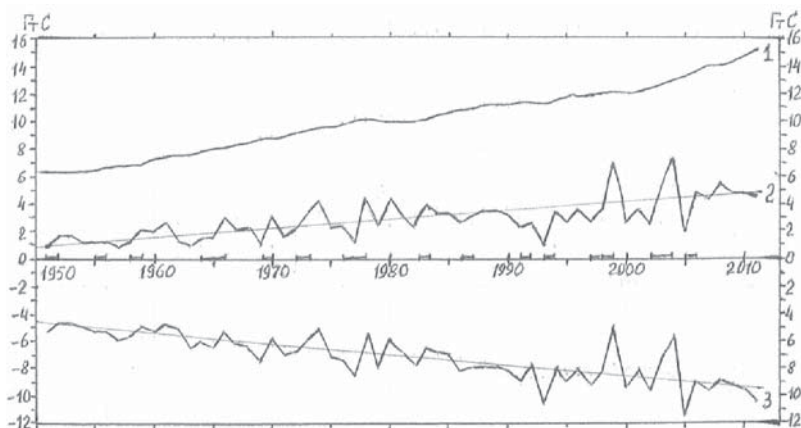


Рис. 1. Изменчивость углеродного цикла за период 1949–2011 гг.

Из этого графика 3 видно, что количество углерода, поглощаемого биотой суши и Мировым океаном на протяжении последних 60 лет неуклонно увеличивается. За эти годы оно возросло с 5 до 10 ГтС, т.е. в 2 раза. Если принять наиболее распространенные оценки для поглощения углерода из атмосферы биотой суши 2,0–2,8 ГтС в год, то получается, что Мировой океан увеличил это поглощение за рассматриваемое время примерно с 2,5–3 до 7,5–8 ГтС в год, т.е. почти в 2,7 раза.

Конечно, количество углерода, остающееся в атмосфере, так же увеличивается (за это время с 1 до 5 ГтС), т.е. поглотители не справляются с объемом всех сегодняшних выбросов.

Как следует из рис. 1, скорость поглощения углерода Мировым океаном растет параллельно нарастанию выбросов его в атмосферу, а выделение углерода из океана должно постепенно уменьшаться за счет увеличения парциального давления CO_2 в атмосфере. Поглощение углерода Мировым океаном должно продолжать нарастать до тех пор, пока не замедлятся темпы поступления его в атмосферу. Пока же, вся масса углерода, поступающая в океан сверх биотического потока (около 5–6 ГтС в год) и составляющая сейчас якобы около 2 ГтС в год, должна распределяться в деятельном слое, понижая рН воды и эквивалентно повышая парциальное давление CO_2 в нем. Об этом свидетельствуют

сравнительные данные парциальных давлений CO_2 в воде и воздухе (например, как установили Моисеенко О. Г. и Коновалов С.К. из МГИ НАН Украины, в Черном море с 1960-х годов по 1990-е среднее $p\text{CO}_2$ в поверхностных водах выросло с 247 до 302 мкатм, а в приводном слое атмосферы с 320 до 350 мкатм), а так же данные о выделении CO_2 из океана во время событий Эль-Ниньо. На рис. 1 на шкале времени (годы) отмечены годы с этим событием. Как видно из графика 3 во время этих событий в 1950-ые годы уменьшение поглощения углерода океаном составляло около 0,8–1,0 Гт, в 1970-е годы – уже 2–3 Гт, а в 1997–98 и в 2002–04 гг. достигло 4,2 Гт.

Таким образом, возможность Мирового океана поглощать углекислый газ из атмосферы несмотря на увеличение его концентрации в поверхностном слое не ослабляется, хотя это приводит к существенным (на первый взгляд негативным) последствиям.

УДК 581.526.325:(262.5)

РАЗВИТИЕ ФИТОПЛАНКТОНА В ОТКРЫТОЙ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ В ВЕСЕННЕ-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2008 Г.

Ясакова О.Н.

*Институт аридных зон ЮНЦ РАН
ул. Чехова, 41, 344006 Ростов-на-Дону
8 (918) 4895292, yasak71@mail.ru*

The article presents results of seasonal researches of the phytoplankton in the north-east part of Black sea, which took place during complex expedition on scientific-research vessel «Deneb» in 2008.

В статье представлены результаты сезонных исследований фитопланктона северо-восточной части Черного моря, проведенных во время комплексных экспедиций НИС «Денеб» в апреле, июне и октябре 2008 г. Цель настоящей работы – оценить таксономический состав, сезонную изменчивость вертикальной структуры и уровня количественного развития планктонных водорослей в открытой северо-восточной части Черного моря в современный период.

Изучение вертикальной структуры фитопланктона проводили на траверзах: Керченский пролив, Анапа, Новороссийск, Туапсе, Сочи на стандартных горизонтах 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50 на глубоководных станциях; поверхность и дно – в шельфовой зоне моря на мелководных станциях (глубиной 20–72 м). Пробы фитопланктона объемом 1–1.5 л отбирали в дневное время суток с помощью батометров Молчанова, Нискина и Нансена. Сгущение проб фитопланктона осуществляли осадочным методом до 20–50 мл. Фиксировали 5 % раствором Люголя либо раствором нейтрального формальдегида или кислым раствором Утермёлля до конечной концентрации 1–2 % [1, 2]. Всего было отобрано и обработано 161 проба.

На исследуемой акватории Черного моря было обнаружено 150 видов фитопланктона, принадлежащих к классам: *Bacillariophyceae* (диатомовые), *Dinophyceae* (динофитовые), *Prymnesiophyceae* (примнезиевые), *Cryptophyceae* (криптофитовые), *Chrysophyceae* (золотистые), *Dictyochophyceae* (диктиоховые), *Euglenophyceae* (эвгленовые), *Chlorophyceae* (зеленые), *Haptophyceae* (хаптофитовые), *Prasinophyceae* (празинофитовые), *Cyanophyceae* (синезеленые). Максимальным таксономическим разнообразием отличались динофитовые (86 вида) и диатомовые (40 видов) водоросли. Значительное видовое разнообразие фитопланктона (80–85 видов), отмеченное в летне-осенний период на полувину было обеспечено представителями динофитовых водорослей (41–55 видов), среди которых наибольшее количество видов (от 3 до 7) отмечали среди родов *Protoperdinium*, *Dinophysis*, *Amphidinium*, *Gonyaulax*, *Gymnodinium*, *Gyrodinium*, *Oxytoxum*, *Cochlodinium* и *Katodinium*. Весной число видов динофитовых было минимальным – 27–35.

Наиболее многочисленным среди диатомовых в видовом отношении был род *Chaetoceros*: *C. affinis*, *C. curvisetus*, *C. compressus*, *C. lauderi*, *C. insignis*, *C. simplex*, *C. scabrosus*, *C. subtilis*, *C. peruvianus*, *C. tortissimus*. Наибольшее таксономическое разнообразие (23 вида) диатомовых водорослей приходилось на апрель 2008 г., в остальное время число видов снижалось до 8–19.

Наибольший вклад, как в численность (51 %), так и биомассу (57 %) фитопланктона открытой северо-восточной части Черного моря вносили диатомовые водоросли. Роль динофитовых водорослей была особенно заметна в общих значениях биомассы (40 %), по численности их доля не превышала 24 %. Примнезиевые, среди которых основным видом была *Emiliania huxleyi*, формировали значительную часть (20 %) общей численности. Представители *Euglenophyta*, *Chlorophyta*, *Cryptophyta*, *Cyanophyta* в сумме формировали не более 5 % общей численности и

1 % биомассы фитопланктона. Руководящими видами по численности являлись следующие виды диатомовых водорослей – *Nitzschia tenuirostris*, *Thalassionema nitzschioides*, *Proboscia alata*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Skeletonema costatum* (8,5,8,14,28 %), виды родов *Chaetoceros* и *Pseudo-nitzschia* (30 и 4 %). Основную компоненту биомассы (89 %) диатомовых водорослей формировали два наиболее крупноклеточных в Черном море пелагических вида – *Proboscia alata* (19 %) и *Pseudosolenia calcar-avis* (70 %). Около 8 % общей биомассы диатомовых водорослей приходилось на *Dactyliosolen fragillissimus* и виды рода *Chaetoceros*. Среди динофитовых водорослей количественно доминировали мелко- и среднеразмерные (до 40 мкм) виды: *Prorocentrum cordatum*, *Scrippsiella trochoidea*, *Gyrodinium fusiforme*, *Gymnodinium simplex* – 50 % численности класса. Другие представители родов *Prorocentrum*, *Gymnodinium* и *Gyrodinium* в сумме составили 36 % численности класса. По биомассе преобладали такие крупноклеточные виды как *Ceratium tripos*, *C. fusus*, *C. furca* и *Proto-peridinium divergens* (20, 13, 29 и 7 %); значительную часть (16 %) биомассы формировали *Scrippsiella trochoidea* и виды рода *Prorocentrum*.

В апреле 2008 года численность фитопланктона (106 млн кл./м³ при биомассе 0.334 г/м³) была максимальной за весь период исследований, развивались мелкоклеточные виды диатомовых водорослей, составивших 87 % численности и 45 % биомассы всего фитопланктона. Среди них основными были *Skeletonema costatum*, виды рода *Chaetoceros*, которые формировали соответственно 45 и 42 % численности класса, на уровне субдоминант отмечена *Nitzschia tenuirostris* (8 %). Значительный вклад (39, 19 и 30 %) в формирование биомассы диатомовых водорослей вносили крупноклеточные виды *Pseudosolenia calcar-avis*, *Dactyliosolen fragillissimus* и многочисленные виды рода *Chaetoceros*.

Динофитовые в этот период составили 55 % общей биомассы и 12 % численности планктонных водорослей. Широкое распространение среди них получила *Scrippsiella trochoidea* (84 % плотности и 34 % биомассы класса). Крупноклеточные виды – *Ceratium furca* и *C. tripos* формировали основу (57 %) биомассы динофитовых. На долю других отделов фитопланктона приходилось не более 1 % общей численности и 0.2 % биомассы. Среди примнезиевых водорослей выделялся вид *Emiliania huxleyi* (0.05–0.2 млн кл./м³).

В июне 2008 года высокие величины численности (64 млн кл./м³ и 0.374 г/м³) были обусловлены интенсивным развитием нанопланктонного вида примнезиевых водорослей *Emiliania huxleyi*, который в этот период составил 67 % общей численности фитопланктона и не более 2 %

биомассы фитопланктона вследствие мелких размеров клеток (5–8 мкм). Значительную часть (13 и 19 %) численности и основную компоненту (54 и 43 %) биомассы планктонного сообщества в этот период формировали диатомовые и динофитовые водоросли. Среди диатомовых количественно преобладали *Pseudonitzschia pseudodelicatissima* и *Pseudosolenia calcar-avis* (19 и 54 % численности и 95 % биомассы класса), на уровне субдоминант встречались *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschioides*, *Cerataulina pelagica*, *Dactyliosolen fragillissimus*. Наиболее многочисленными среди динофитовых были представители рода *Gymnodinium*, *Prorocentrum cordatum*, *P. compressum*, *Gyrodinium fusiforme*, составившие соответственно 12; 39; 7; 20 % численности класса. Виды *Ceratium tripos*, *C. fusus*, *C. furca*, формировали основную 39; 7 и 24 % биомассу класса. Другие классы фитопланктона формировали не более 1 % численности и биомассы фитопланктона.

В октябре 2008 года вследствие обильного развития крупных видов водорослей была отмечена максимальная биомасса фитопланктона за весь исследуемый период – 0.485 г/м³ при небольших значениях численности 20.5 млн кл./м³. Среди диатомовых водорослей, составивших 67 % плотности и 78 % биомассы фитопланктона, доминировали крупноклеточные виды, характерные для теплого времени года – *Pseudosolenia calcar-avis* и *Proboscia alata* (соответственно 48 и 31 % численности; 49 и 49 % биомассы класса). Около 15 % численности диатомовых водорослей приходилось на мелкоклеточные виды рода *Pseudo-nitzschia*. На уровне субдоминант в этот период вегетировали динофитовые водоросли – 28 % плотности и 21 % общей биомассы. Наиболее многочисленными среди них были *Prorocentrum cordatum*, виды рода *Gymnodinium* (16; 35 % численности класса), в меньшем количестве встречались *P. compressum*, *P. micans*, *Gyrodinium fusiforme*, *G. spirale*, *Dinophysis rotundata*, *Scrippsiella trochoidea*, *Protoceratium reticulatum* и *Pronoctiluca pelagica* (в сумме 30 % численности класса). Основную компоненту (47 и 10 %) биомассы класса формировали крупные виды – *Ceratium tripos*, *C. fusus*. Порядка 20 % биомассы динофитовых приходилось на *C. furca*, *Protoceratium reticulatum*, *Protoperidinium depressum*, *P. divergens*.

Исследования вертикальной структуры фитопланктона, показало, Основным биотопом планктонных водорослей был слой воды от поверхности до 20 м, под слоем термоклина величины развития фитопланктона резко снижены (на 50-метровой изобате – до 10–20 % от поверхностных величин). Распределение водорослей в акватории мелко-

водных станций в результате интенсивной вертикальной конвергенции вод было более равномерным, чем в открытой части моря: количество их у дна в 2–3 раза уступало поверхностным величинам. В верхнем горизонте моря доминировали диатомовые, динофитовые и примнезиевые водоросли, с увеличением глубины в значениях биомассы значительно повышалась роль динофитовых водорослей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Современные методы количественной оценки распределения морского планктона / под ред. Виноградова М.Е. АН СССР. Ин-т Океанологии им. Ширшова. М.: Наука, 1983. – С. 90–114.

2. **Макаревич П.Р., Дружков Н.В.** Методические рекомендации по анализу количественных и функциональных характеристик морских биоценозов северных морей. Ч. 1. Фитопланктон. Зоопланктон. Взвешенное органическое вещество. Апатиты, 1989. – 50 с.

УДК 581.526.325:(262.5)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА НОВОРОССИЙСКОГО ПОРТА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ЭВТРОФИРОВАНИЯ ВОД

Ясакова О.Н.¹, Часовников В.К.²

¹ *Институт придных зон ЮНЦ РАН
344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Чехова, 41
тел. 8 (8632) 66-56-77, yasak71@mail.ru*

² *Южное отделение Института Океанологии им П.П. Ширшова
г. Геленджик-7, Голубая бухта, 353467,
тел. 8 (8614) 12-80-89, chasovnv@mail.ru*

The article presents the research of qualitative structure and quantitative development of the phytoplankton in the port of Novorossiysk and open part of the bay during the spring – autumn period 2007. Biological index was correlated with hydro chemical structure of the water.

В статье представлены результаты исследования таксономического состава и количественного развития фитопланктона в зоне влияния Новороссийского порта и за его пределами в период весна-осень 2007 г. Новороссийск – крупнейший транспортный узел на юге России, через который ежегодно переваливается свыше 100 млн. тонн грузов. Цель работы – исследовать качественные и количественные характеристики фитопланктона в условиях антропогенной нагрузки на акватории Новороссийского порта и за его пределами.

Пробы фитопланктона отбирали с поверхности моря в дневное время суток на акватории Новороссийского порта (станции №1–7) и за его пределами (фоновая станция № 8) в мае, июле и сентябре 2007 г. Концентрирование проб фитопланктона осуществляли методом обратной мягкой фильтрации, фиксировали формалином [1, 2]. Идентификация видов, подсчет численности и определение объема клеток фитопланктона проводили в соответствии с общепринятыми руководствами [3–5].

Параллельно в районе исследований были проведены гидрохимические исследования морской среды на тех же станциях, где отбирали пробы фитопланктона. Для аналитических определений использовалось оборудование Лаборатории химии ЮО ИО РАН, аккредитованной в Системе аккредитации аналитических лабораторий (СААЛ) Госстандарта России (Аттестат №РОСС RU.0001.512500). Приборы проверены в соответствии с требованиями СААЛ Госстандарта РФ. Использовали методы определения гидрохимических параметров в поверхностных водах, принятых для морских экспедиционных работ [6, 7].

В период исследований на акватории порта было обнаружено 69 видов фитопланктона, относящихся к 7 отделам *Bacillariophyta* (диатомовые), *Dinophyta* (динофитовые), *Chrysophyta* (золотистые), *Euglenophyta* (эвгленовые), *Chlorophyta* (зеленые), *Cyanophyta* (синезеленые), *Cryptophyta* (криптофитовые водоросли). Максимальное видовое разнообразие отмечено среди диатомовых (25 видов) и динофитовых водорослей (28 видов). Наибольшее число видов фитопланктона обнаружено в летний период (55 видов), весной и осенью – соответственно 43 и 45 видов. В наиболее опресненных районах порта (сток реки Цемес, соленость – 12,8 ‰) встречены представители зеленых водорослей родов *Ankistrodesmus* и *Scenedesmus*. Кроме того, на акватории порта в значительном количестве развивались эвгленовые *Eutreptia lanowii* Steuer, *Eutreptia* sp. и *Euglena* sp. и криптофитовые водоросли: *Plagioselmis prolunga* Butcher ex Novarino и *Plagioselmis punctata* Butcher.

Пик в развитии фитопланктона порта зарегистрирован в мае (967 млн кл./м³ и 2.94 г/м³). В это время диатомовые формировали 94 % общей численности и 86 % биомассы фитопланктона. Доминировал вид *Cerataulina pelagica* (Cleve) Hendey. В незначительном количестве встречались *Chaetoceros curvisetus* Cleve, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* (Hasle) Hasle, *Leptocylindrus danicus* Cleve, *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Mereschkowsky. Массовыми среди динофитовых водорослей, составивших в этот период 6 % общей численности и 13 % биомассы фитопланктона, были *Gyrodinium fusiforme* Kofoid et Swezy и *Prorocentrum cordatum* (Ostenfeld) Dodge. Основу биомассы формировали *Prorocentrum micans* Ehrenberg, *Ceratium tripos* (O.F. Muller) Nitzsch, *Diplopsalis lenticula* Bergh, а также представители родов *Protoperidinium* и *Gyrodinium*.

Обилие фитопланктона на фоновой станции почти в 1.5–2 раза уступало средним величинам, отмеченным в порту. Как и в акватории порта доминировал вид *C. pelagica* (86 % общей численности и биомассы фитопланктона). Среди динофитовых водорослей, формировавших 5 % численности и 10 % биомассы фитопланктона, интенсивно развивались *Gyrodinium fusiforme*, *Gyrodinium* sp. и *Prorocentrum cordatum*. Биомассу формировали *Prorocentrum compressum* (Bailey) Abe ex Dodge, *Prorocentrum micans*, виды рода *Gyrodinium*.

В июле завершился период массового развития планктонных водорослей. В порту величины численности снизились более чем в 5 раз, биомасса – в 2 раза (190 млн кл./м³; 1.42 г/м³). Диатомовые формировали 68 % численности и 63 % биомассы фитопланктона. Доминировали *C. pelagica* и *L. danicus*. На уровне субдоминант развивались *P. pseudodelicatissima*, *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve, *T. nitzschioides* и представители рода *Chaetoceros*. Значительную роль в формировании общих значений биомассы фитопланктона играла *Pseudosolenia calcar-avis* (Schultze) Sundstrom. Возросла роль динофитовых водорослей, составивших 22 % от общей численности и 24 % от биомассы фитопланктона. Наиболее интенсивно среди них развивались *Prorocentrum cordatum*, *P. micans*, виды рода *Gymnodinium*. Биомасса, главным образом, была сформирована крупноклеточными видами *Ceratium fusus* (Ehrenberg) Dujardin, *Ceratium furca* (Ehrenberg) Claparede et Lachmann, *P. micans*, представителями рода *Dinophysis*. Представители эвгленовых и зеленых водорослей родов *Ankistrodesmus*, *Scenedesmus*, показательные для опресненных вод, формировали 10 % общей численности и 13 % биомассы фитопланктона порта. В значительном количестве (16.95 млн кл./м³; 170.47 мг/м³) в порту развивался мезосапроб-

ный вид эвгленовых водорослей *E. lanowii*, численность которого за воротами порта была на порядок ниже.

Значения численности и биомассы фитопланктона фоновой станции более чем в 2 раза уступали величинам, отмеченным на акватории порта. Диатомовые формировали до 31 % численности и 79 % биомассы фитопланктона. Доминировали среди них *C. pelagica*, *L. danicus*, виды рода *Chaetoceros*, *Pseudosolenia calcar-avis*. Динофитовые, главным образом *Prorocentrum cordatum*, *Prorocentrum micans*, виды родов *Gymnodinium*, *Gonyaulax*, *Protoperidinium* составили 65 % общей численности и 19 % биомассы планктонных водорослей.

В сентябре количество планктонных водорослей было минимальным (165 млн кл./м^3 и 1.08 г/м^3) за весь период исследований. В это время доля диатомовых водорослей была максимальной и составила 95% и 96% численности и биомассы фитопланктона соответственно. Численно превалировали мелкие виды *Leptocylindrus danicus*, *Thalassiosira* sp., виды рода *Chaetoceros*. Крупные виды диатомовых водорослей *Proboscia alata* (Brightwell) Sundstrom и *Pseudosolenia calcar-avis* формировали основную биомассу (62%). Вследствие интенсивного развития крупного вида *Proboscia alata* биомасса фитопланктона фоновой станции была выше средних показателей по порту (соответственно 1.22 г/м^3 при численности 121 млн кл./м^3).

Отмечена положительная корреляция между распределением количественных величин планктонных водорослей и биогенных элементов на исследуемой акватории Новороссийской бухты. Высокоэвтрофные воды порта в наибольшей степени способствовали развитию фитопланктона в его западном и центральном районах, где его обилие было в 2 раза выше, чем на остальной исследуемой акватории. Здесь же были отмечены наиболее высокие концентрации биогенных веществ (в среднем за исследуемый период, в мг/л: PO_4 – 0.004–0.008; NO_3 – 0.006–0.016; NO_2 – 0.001–0.004; Urea – 0.013–0.022). Минимальные значения численности и биомассы планктонных водорослей были зафиксированы на фоновой станции, где уровень биогенных веществ был значительно ниже (в среднем за исследуемый период, в мг/л: PO_4 – 0.003–0.004; NO_3 – 0.007–0.009; NO_2 – 0.001; Urea – 0.009–0.013).

ЛИТЕРАТУРА

1. **Сорокин Ю.И.** К методике концентрирования фитопланктона // Гидробиол. журнал. 1979. №2. С. 71–76.
2. **Фёдоров В.Д.** О методах изучения фитопланктона и его активности. М.: МГУ, 1979. С. 106–108.

3. Кольцова Т.Н., Лихачева Н.Е., Федоров В.Д. О количественной обработке проб фитопланктона. Биол. Науки, 1979. № 6. С. 96–100.

4. Dodge J. D. Marine dinoflagellates of the British Isles. London: HMSO. 1982. 301 p.

5. Tomas C. (ed.). Identifying marine phytoplankton. San Diego, CA. Academic Press. Harcourt Brace Company. 1997. 821 p.

6. Современные методы гидрохимических исследований океана / Под ред. Бордовского О.К., Черняковой А.М. Москва: ИО РАН. 1992. 253 с.

7. Руководство по химическому анализу морских вод. РД 52.10.213-02. – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1993. 264 с.

УДК 681.3.06

АВТОМАТИЧЕСКИЙ БИОМОНИТОРИНГ ДЛЯ РАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ ОТРАВЛЯЮЩИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПРЕСНЫХ И МОРСКИХ ВОД

Гайский В.А.¹, Гайский П.В.¹, Трусевич В.В.²

¹*Морской гидрофизический институт НАН Украины,
99011, г.Севастополь, ул. Капитанская, 2
т. (0692) 54-03-80, oaoimhi@inbox.ru, gaysky@inbox.ru*

²*Карадагский природный заповедник НАН Украины,
trusev@list.ru*

The pre-production model of a complex of automatic biomonitoring of water environments for early detection of poisoning pollution of fresh and sea waters vitally dangerous to alive organisms, from sources of natural, industry and anthropogenous origin is described.

В современных условиях резко нарастающей интенсивности загрязнения водной среды, настоящей необходимостью становится разработка средств эффективного оперативного контроля состояния водных экосистем.

Ежегодно синтезируются и сбрасываются в водную среду загрязняющие вещества с невыясненными токсикологическими характеристиками. Индексы ПДК, используемые в современной природоохранной

практике не отражают степени опасности этих загрязнителей для биоты и гидросистем в целом. В результате водные системы оказываются незащищенными ни от постепенного накопления, ни от внезапных залповых выбросов загрязняющих веществ, что создает постоянную угрозу возникновения чрезвычайных ситуаций. Особенно важно это для систем водоснабжения городов и крупных населенных пунктов, в зонах выпускных коллекторов городов и промышленных предприятий, в портах, в районах добычи нефти и газа на шельфе, в местах захоронения боеприпасов и отравляющих веществ, на пляжах.

Современные системы мониторинга должны в режиме реального времени обнаруживать жизненно опасные загрязнения, формировать сигналы тревоги и передавать их в соответствующие центры контроля. Такие средства могут быть созданы с использованием биосенсоров, чувствительных ко всем загрязнениям независимо от их природы и состава.

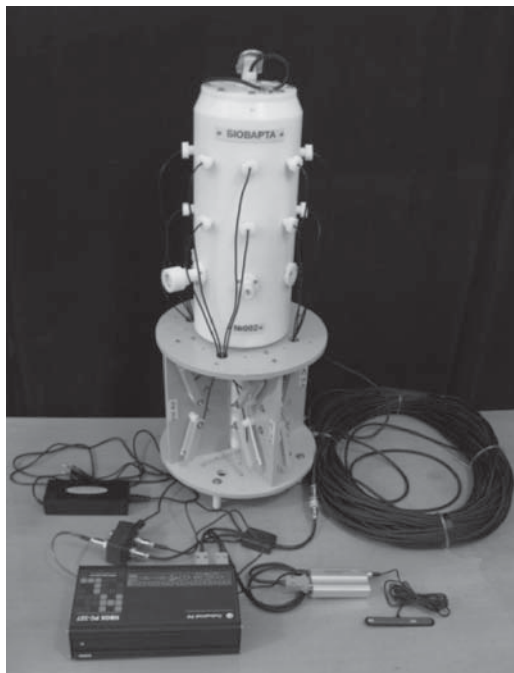


Рис. 1. Внешний вид комплекса “Биостраж”

Карадагским природным заповедником и Морским гидрофизическим институтом НАН Украины на основании исследований поведенческих реакций двухстворчатых моллюсков (черноморской мидии) и разработок, проведенных в период с 2003 по 2011 гг. [1, 2], в 2011 г. создан биоэлектронный комплекс автоматического биомониторинга “Био-страж”, позволяющий контролировать отравляющие загрязнения и фоновые параметры водной среды в автономном и телеметрическом режимах, а также осуществлять выработку сигнала тревоги.

Таблица 1. Метрологические характеристики комплекса “Биостраж”

Измеряемый параметр	Диапазон измерения	Случайная погрешность	Погрешность
Гидростатическое давление, кПа	0 ÷ 200	0,1	±2%
Температура воды, °С	-2 ÷ +35	0,005	±0,05
Освещенность, люкс	1 ÷ 10000	3%	10%
Изменение расстояния между створками мидий, мм	1 ÷ 12	0,015	±0,1

Таблица 2. Технические характеристики комплекса “Биостраж”

Параметр	Значение
Количество биодатчиков	стандартно 16 шт.
Глубина постановки	стандартно до 20 м
Длина кабеля связи и питания	стандартно 100 м
Период опроса	стандартно 1 сек
Внешнее питание	~100-220В / 50-60Гц или 12В
Энергопотребление (модуль погружной)	не более 3 Вт
Энергопотребление (модуль береговой)	не более 15 Вт
Связь / Сигнализация	TCP-IP / GSM
Вес (модуль погружной)	не более 30 кг

ЛИТЕРАТУРА

1. **Гайский П.В.** Аппаратура измерительного комплекса автоматического биомониторинга водной среды (КАБМВС) / П.В. Гайский, В.А. Клименко // Системы контроля окружающей среды. В сб. научн. тр. / НАН Украины, МГИ: Севастополь, 2008. С. 67–71.

2. **Трусевич В.В.** Автоматизированный биомониторинг водной среды с использованием реакций двустворчатых моллюсков / В.В. Трусевич, П.В. Гайский, К.А. Кузьмин. Морской гидрофизический журнал. МГИ НАНУ: Севастополь, 2010. №3. С. 75–83.

**НОВЫЕ ПОХОДЫ К КОМПЛЕКСНОМУ МОНИТОРИНГУ
УСЛОВИЙ СРЕДЫ В ПРОМЫСЛОВЫХ РАЙОНАХ МИРОВОГО
ОКЕАНА НА БАЗЕ ДОСТУПНЫХ
ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ**

**Архипов В.И., Бурыкин С.Н., Маслянкин Г.Е., Мышерин А.В.,
Полищук И.А.**

*Атлантический научно-исследовательский институт рыбного
хозяйства и океанографии*

*ул. Дм. Донского 5, 236022, г. Калининград, Россия
8 (4012) 925-525, olab@atlant.baltnet.ru*

The report provides an option of the analysis and monitoring system of environmental conditions on the basis of data from remote sensing of the World Ocean and other data available from specialized electronic databases, placed in the public domain on the Internet. The concept of distributed networking using available software and hardware is described.

В работе представлен вариант системы анализа и мониторинга условий среды на основе данных дистанционного зондирования Мирового океана и других данных, полученных из специализированных электронных баз, размещенных в открытом доступе в Интернете. Описана концепция распределенного сетевого взаимодействия с использованием доступных программно-технических средств.

В настоящее время в открытых источниках находится большое количество информации по температуре поверхности океана (ТПО), спутниковой альтиметрии, концентрации хлорофилла, приземному (приводному) атмосферному давлению и другой информации. В настоящее время имеется возможность импортировать их в том или ином формате, создавать свои собственные базы данных и производить обработку с целью анализа и мониторинга условий среды в промышленных районах Мирового океана [1].

Изучение влияния среды обитания на воспроизводство, распределение и поведение скоплений промысловых объектов с целью рациональной эксплуатации биологических ресурсов Мирового океана является одной из основных задач современной промысловой океанологии. Ее

решение может осуществляться различными способами, но ни один из них не может обойтись без проектирования, внедрения и использования интеллектуальных компьютерных систем (ИКС) с соответствующим программным обеспечением [2]. Рынок готовых прикладных ИКС изобилует массой продуктов, которые могут быть недоступны. Потенциальные пользователи могут использовать их в силу различных причин (высокая стоимость, требования лицензирования и сертификации, высокая квалификация обслуживающего персонала, численность персонала и т. п.). Альтернативным вариантом является использование доступных программно-технических средств с соответствующими технологическими подходами. В данной работе мы предлагаем экономичный вариант системы с возможностями, которые сравнимы с дорогостоящими и сложными автоматизированными геоинформационными системами (АГИС), используя концепцию распределенного сетевого взаимодействия.

Система основана, в первую очередь, на использовании данных дистанционного зондирования Мирового океана, полученных из специализированных электронных баз, размещенных в открытом доступе в Интернете. Регулярные спутниковые измерения различных параметров подстилающей поверхности и развитие математических методов их обработки позволяют определять потенциальные места скопления рыбы и могут служить основой для прогностических расчетов условий промысла. Орбитальные средства обладают известными преимуществами по пространственному разрешению и объемам получаемой информации, обеспечивают выполнение одного из важнейших требований к методике проведения исследований биопродуктивности вод Мирового океана – неразрывность во времени их проведения. Основой системы является сеть серверов на базе персональных компьютеров, где аккумулируются базы данных различного характера (спутниковые данные дистанционного зондирования по ТПО, альтиметрии, концентрации хлорофилла, приземному (приводному) атмосферному давлению, ТПО из специализированной базы IGOSS (Integrated Global Ocean Services System) и др.). Формат данных на всех серверах унифицирован. Система включает в себя возможности структурирования различной информации, отображения ее в табличном, графическом и картографическом видах. На основании имеющихся данных существует возможность проведения пространственного комплексного анализа промыслово-океанологических данных, синтезирование и агрегирование информации, формулировка и проверка гипотез относительно взаимосвязей между разнородными процессами и явлениями, происходящими в промысловом районе. При

этом обеспечивается хранение, анализ, визуализация и интеграция всех имеющихся в наличии промыслово-океанологических данных. Система позволяет вести комплексный мониторинг условий среды в промысловых районах Мирового океана [3]. Имеется возможность одновременно отслеживать изменчивость различных параметров условий среды различного происхождения и разных источников. Унификация формата хранящихся файлов позволяет использовать единые программные модули для обработки, анализа и сравнения.

В перспективе применения в системе методов анализа данных и картографического моделирования позволяет решать следующие задачи:

- комплексный порайонный промыслово-океанологический анализ, проводимый на базе использования картографического отображения результатов исследований;
- синтезирование и агрегирование информации, а также и корректировка существующей статистической информации с учетом появления новых факторов;
- оценка реального промыслового потенциала того или иного района Мирового океана.

В работе описана концепция (и ее обоснование) используемой системы, структурная схема аппаратно-программных модулей и их технологическое взаимодействие. Приводятся примеры входящих и исходящих информационных данных системы, которая обладает значительным модернизационным потенциалом.

Таким образом, созданная система позволяет вести комплексный мониторинг условий среды в промысловых районах Мирового океана. Имеется возможность одновременно отслеживать изменчивость различных параметров условий среды различного происхождения и из различных источников. Единство формата хранящихся файлов позволяет использовать один программный модуль для обработки, анализа и сравнения. Система позволяет хранить и обрабатывать данные промыслового и биологического характера, что крайне важно для промысловой океанологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Архипов В.И.** Промыслово-океанологический информационный сервис на основе современных спутниковых технологий / В.И. Архипов, С.Н. Бурыкин, И.А. Полищук // Материалы XIV конференции по промысловой океанологии и промысловому прогнозированию (Калининград, 8-13 сентября 2008 года). – Калининград: АтлантНИРО, 2008. – С. 27–28.

2. **Полищук И.А.** Автоматизированная система мониторинга океанических условий в отдаленных районах промысла с использованием

спутникового зондирования поверхности океана / И.А. Полищук, В.И. Архипов, С.Н. Бурыкин, А.В. Мышерин // Вопросы промысловой океанологии. – М.: ВНИРО, 2010. – Вып. 6. -№2. – С. 173-182.

3. **Полищук И.А.** Океанологическое обеспечение промысла с использованием космической информации / И.А. Полищук, В.И. Архипов, С.Н. Бурыкин // Вопросы рыболовства. – 2011. – т. 12. – №3 (47). – С. 429-439.

УДК [639.2.053.1 (261.74)+551.46.06]:681.3

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА И ПРОГНОЗА ПАРАМЕТРОВ СРЕДЫ

**Архипов В.И., Бурыкин С.Н., Маслянкин Г.Е., Мышерин А.В.,
Полищук И.А.**

*Атлантический научно-исследовательский институт рыбного
хозяйства и океанографии*

*ул. Дм. Донского 5, 236022, г. Калининград, Россия
8 (4012) 925-525, olab@atlant.baltnet.ru*

This paper presents a comprehensive analysis of the automation of commercial distribution subject against various oceanographic parameters. The authors outline the use of technology forecasting the spatial distribution of the various oceanographic parameters to determine the optimal ranges of the characteristics specific field facilities.

В работе приведен процесс автоматизации комплексного анализа распределения промыслового объекта на фоне различных океанологических параметров. Авторы представляют использование технологии прогнозирования пространственного распределения различных океанологических параметров для определения оптимальных диапазонов рассматриваемых характеристик для конкретных промысловых объектов.

Цель работы – автоматизация прогнозирования условий среды обитания и распределения гидробионтов в промысловых районах Мирового океана. Работа является одним из этапов создания целостной региональ-

ной геоинформационной системы, состоящей из базы геоданных, материалов по промысловой статистике и пакета прикладных программ [1, 2].

Известно, что факторы внешней среды воздействуют на организм в комплексе. Использование для прогнозирования промысловой обстановки в Мировом океане только одной характеристики, например, температуры поверхности океана, не может в должной мере правильно отражать развитие сложных биологических процессов, которые тесно связаны с изменчивостью океанологических процессов. Поэтому необходимо использовать комплекс гидрологических параметров, а также их производные [3].

С целью автоматизированного проведения комплексного анализа распределения промыслового объекта на фоне различных океанологических параметров, нами разработана технология прогнозирования пространственного распределения факторов среды [4]. Концепция данной технологии прогнозирования заключается в том, что прогнозируются не значения поля распределения исследуемого параметра среды, а коэффициенты разложения этого поля по ортогональным полиномам. Для этого реализуются следующие технологические звенья:

1. Разложение исходного поля исследуемого параметра.
2. Построение временного ряда для каждого коэффициента в разложении.
3. Анализ и прогноз полученных рядов.
4. Восстановление поля по прогнозным значениям коэффициентов.

Были разработаны программные модули, позволяющие прогнозировать параметры внешней среды и определять оптимальные диапазоны рассматриваемых характеристик для конкретных промысловых объектов [5]. На рисунке приведена структурная схема используемой технологии комплексного анализа, показывающая взаимодействие различных автоматизированных систем и программных модулей.

В технологии комплексного анализа задействованы следующие системы и программные модули:

1. Система оперативного спутникового мониторинга – осуществляет доступ к данным дистанционного спутникового зондирования по различным районам океана.
2. Информационная справочная система – осуществляет доступ к данным по промысловой статистике.
3. Программный модуль прогнозирования пространственного распределения геофизических параметров – позволяет получать прогнозистические распределения абиотических факторов Мирового океана с заданным упреждением.

4. Программный модуль выбора оптимальных для обитаемых промышленных объектов параметров внешней среды, который выполняет следующие функции:

– *определение условий наибольших уловов по каждому из заданных параметров.* Происходит отбор точек выловов для каждого параметра, определяются границы акватории. Полученные условия сохраняются в файл специального вида;

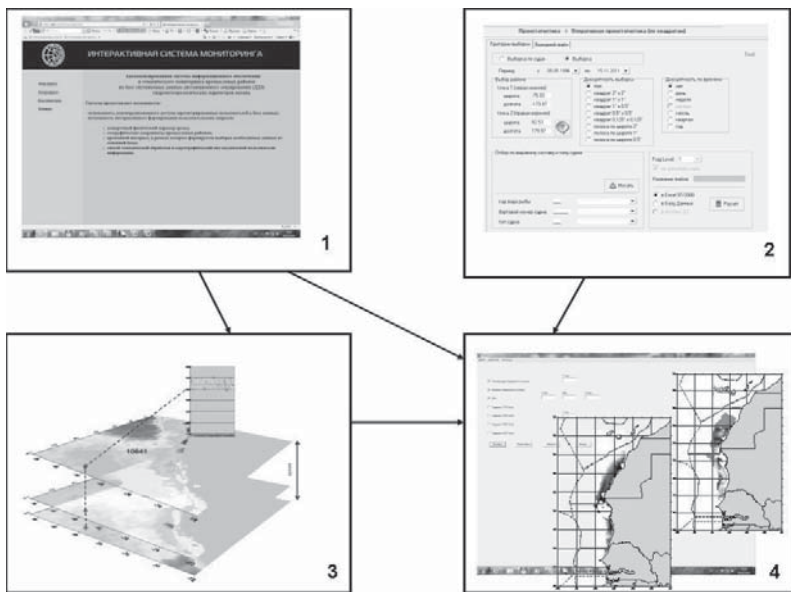


Рисунок – Структурная схема используемой технологии комплексного анализа

– *приведение исходных данных к единой сетке.* Оператором производится выбор сетки и экстраполяция данных в узлы построенной сетки. В результирующий файл записываются все параметры;

– *выбор географических областей с оптимальными для промысла условиями по совокупности параметров* путем использования файла, который был создан на предыдущем шаге. Количеством участвующих в расчетах параметров можно варьировать. Для выделенных оптимальных зон приводятся данные о выловах.

В настоящее время существующая автоматизированная технология комплексного анализа и прогноза параметров внешней среды успешно используется в лаборатории промысловой океанологии отдела океанических биоресурсов ФГУП «АтлантНИРО» при подготовке обзоров и прогнозов. Указанная конфигурация программных модулей позволяет оперативно строить прогностические карты распределения океанологических параметров и карты вероятного распределения массовых пелагических рыб в Центрально-Восточной Атлантике. Данная технология уже используется при подготовке промысловых прогнозов для рыбохозяйственных организаций при добыче западноафриканской и европейской ставриды, обитающей в Центрально-Восточной Атлантике.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Архипов В.И.** Промыслово-океанологический информационный сервис на основе современных спутниковых технологий / Архипов В.И., Бурыкин С.Н., Полищук И.А. // Материалы XIV конференции по промысловой океанологии и промысловому прогнозированию (Калининград, 8-13 сент/ 2008 г/). – Калининград: АтлантНИРО, 2008. – С. 27–28.
2. **Полищук И.А.** Автоматизированная система мониторинга океанических условий в отдаленных районах промысла с использованием спутникового зондирования поверхности океана / И.А. Полищук, В.И. Архипов, С.Н. Бурыкин, А.В. Мышерин // Вопросы промысловой океанологии. – М.: ВНИРО, 2010. – Вып. 6. -№2. – С. 173–182.
3. **Полищук И.А.** Океанологическое обеспечение промысла с использованием космической информации / И.А. Полищук, В.И. Архипов, С.Н. Бурыкин // Вопросы рыболовства. – 2011. – т. 12. – №3 (47). – С. 429-439.
4. **Полищук И.А.** Технология прогнозирования пространственного распределения геофизических параметров / И.А. Полищук, В.И. Архипов, С.Н. Бурыкин, А.В. Мышерин // Материалы XV конференции по промысловой океанологии, посвященной 150-летию со дня рождения академика Н.М. Книповича (Светлогорск, Калининградская обл., 12–17 сентября 2011 года). – Калининград: АтлантНИРО, 2011. – С. 188–189.
5. **Полищук И.А.** К вопросу распределения целевого объекта в зависимости от геофизических параметров среды / И.А. Полищук, В.И. Архипов, С.Н. Бурыкин, А.В. Мышерин // Материалы XV конференции по промысловой океанологии, посвященной 150-летию со дня рождения академика Н.М. Книповича (Светлогорск, Калининградская обл., 12–17 сентября 2011 г.). – Калининград: АтлантНИРО, 2011. – С. 186–188.

О ВЫДЕЛЕНИИ ЗОН ВЛИЯНИЯ ПОДВОДНЫХ РАБОТ НА МОРСКОМ ШЕЛЬФЕ НА ПЛАНКТОН

Новиков М.А.

*Полярный НИИ морского рыбного хозяйства и
океанографии им. Н.М. Книповича
ул. Книповича, 6, 183038, г. Мурманск
8(8152)474314, mnovik@pinro.ru*

A visual scheme of suspension distribution during the hydrotechnical works at the sea bottom and its influence on the sea plankton survival was shown. As a result, the area of influence of hydrotechnical works to lay cable in the Barents Sea on the background of the schematic map of zooplankton biomass distribution was obtained.

Как следует из результатов многих исследований по моделированию процессов распространения взвеси, шлейфы последней в водоеме, как правило, носят весьма локальный и кратковременный характер, не представляя значительной опасности для обитателей водной толщи. Например, в процессе дампинга, даже при сбросах значительных объемов грунта: $1 \times 10^4 \text{ м}^3$ мелкого песка и глины, концентрация взвеси снижается до уровня ПДК (10 мг/л) в среднем через 6 часов после сбросов [1]. Время воздействия токсичных концентраций взвеси на планктонные организмы в случае разовых сбросов в худшем варианте не превышает нескольких часов. В итоге складывается в целом благоприятная картина влияния взвеси, образующейся при дампинге грунта, на планктонные организмы.

Однако, в отличие от дампинга, при выполнении дноуглубительных работ, например при рытье траншей, процессы взмучивания и последующей седиментации взвеси, а значит и параметры существования облака, имеют устойчивый характер во времени и в пространстве. Облако взвеси (шлейф мутности) приобретает квазистационарный характер на протяжении периода от момента его формирования в начале работ до их окончания. В этот период имеет место только дрейф облака по течению с учетом параметров движения земснаряда, а также скорости течения. Если в качестве земснаряда в море, выступает, например, под-

водный буксируемый плуг, то скорость его движения по дну может составлять порядка 1 км/час. В это время, движимые течением определенные массы воды, содержащие планктон, проходят через облако взвеси, в том числе и через область летальных концентраций. Таким образом, при выполнении работ по укладке кабелей связи или трубопроводов и других подобных операций на морском дне: 1) имеет место протекание значительных объемов воды через образующиеся и долго существующие шлейфы взвеси; 2) даже в случае быстрого оседания основных количеств взвеси, в шлейфах могут возникать и некоторое время существовать высокие ее концентрации – летальные для организмов планктона даже при кратковременном воздействии (рис. 1).

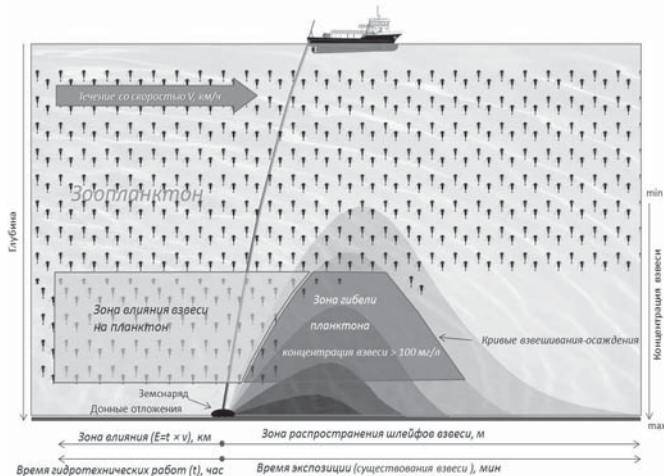


Рис. 1. Принципиальная схема формирования зоны влияния взвеси от гидротехнических работ на морской зоопланктон в условиях присутствия течения

Воздействию взвеси подвергаются организмы планктона, принесенные течением из «чистых» районов моря, и чем дольше идут работы, тем из более отдаленных районов «доставляется» планктон к месту своей гибели. Эти районы, а точнее их водные массы, содержащие планктон, будут представлять собой ожидаемую зону влияния строительных (дноуглубительных) работ на морские организмы. Отсюда становится понятным, что не следует путать зону влияния на планктон с зоной непосредственного воздействия взвеси на его организмы (зоной гибели). Последняя может иметь протяженность всего несколько десятков метров.

Число организмов, погибших в зоне гибели, есть функция концентрации взвеси и времени их нахождения в ней (экспозиция). Исходя из известных оценок концентраций взвеси, оказывающих воздействие на зоопланктон при кратковременном воздействии [2], можно принять концентрацию взвеси более 100 мг/л в качестве пороговой. При наличии таких концентраций взвеси в морской воде зоопланктон гибнет в считанные минуты. При снижении концентрации взвешенных веществ ниже указанного значения, время их воздействия для достижения летального эффекта будет увеличиваться до нескольких часов и суток. Как было сказано выше, дальнейший процесс оседания частиц в соответствии с их размером (гидравлической крупностью), сопряженный со снижением концентрации взвеси до безопасных значений (10 мг/л), как правило, протекает быстрее, чем достигается токсический эффект на организмы.

Проиллюстрируем концепцию выделения зон влияния гидротехнических работ на конкретном примере, а именно, на основе некоторых проектных данных о прокладке волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) в Баренцевом море к Штокмановскому газоконденсатному месторождению – ШКГМ (вдоль планируемой трассы магистрального газопровода).

При выделении ареала влияния учитывались данные моделирования процессов существования шлейфов. Учитывали расчетное среднее время протекания воды через области шлейфа взвеси с концентрацией выше 100 мг/л, а также время существования шлейфов с этой концентрацией. Длительность существования шлейфов с этой концентрацией, связанная с выполнением работ по укладке ВОЛС, согласно данным проектировщиков на разных участках (отрезках) морского дна составляло от 8 до 480 часов. Оно зависело от протяженности участков и характеристик донных осадков.

На рис. 2 показан ожидаемый ареал влияния гидротехнических работ по укладке ВОЛС на дно Баренцева моря на организмы зоопланктона, при условии направления движения подводного плуга на каждом участке с юга на север. Поскольку воздействию будет подвергаться приносимый течениями планктон, то ожидаемая зона воздействия будет располагаться со стороны, противоположной направлению течения (рис. 1). Картограмма распределения биомассы зоопланктона в данной части Баренцева моря выполнена на основе оцифровки опубликованных данных [3]. Размер зоны воздействия определяется скоростью течений в данном районе Баренцева моря, а также временем (периодом) существования шлейфа с концентрацией взвеси в воде более 100 мг/л.

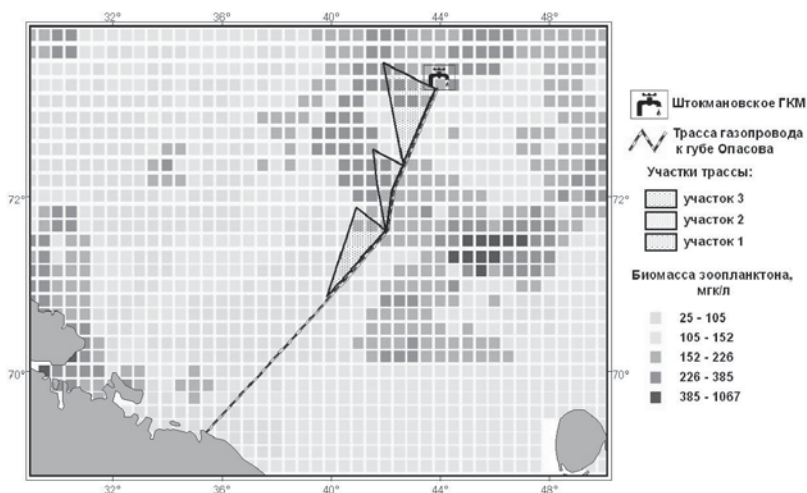


Рис. 2. Ареалы влияния гидротехнических работ при укладке ВОЛС на разных участках планируемой трассы на фоне значений биомассы зоопланктона

Всего было проанализировано 5 участков. Их протяженность в среднем составляла около 114 км. На двух южных участках зона воздействия на планктон оказалась настолько узкой (1–3 км), что не отображена на картосхеме по причине несоответствия масштабов.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Лонин С.А.** Расчет динамики донных отложений и взвеси в юго-восточной части Баренцева моря / С.А. Лонин, В.Б. Лапшин, Е.В. Борисов // *Метеорология и гидрология*. – 1997. – № 11. – С.90–98.
2. **Шавыкин А.А.** Учет времени воздействия взвеси при геотехнических работах для расчета ущерба водным биоресурсам / А.А. Шавыкин, С.А. Соколова, П.С. Ващенко // *Нефть и газ арктического шельфа* – 2008: Материалы межд. конф. (Мурманск, 12-14 ноября 2008 г.). – Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2008. – Секция 5. – С.323–331.
3. **Knutsen T.** Zooplankton / T. Knutsen, P. Dalpadado, E.L. Orlova, A.S.Yurko // *Joint PINRO/IMR report on the state of the Barents sea ecosystem in 2007 with expected situation and considerations for management*. – IMR/PINRO joint report series. – 2008. – № 1. – P. 90–101.

МОНИТОРИНГ ИХТИОПЛАНКТОНА АКВАТОРИЙ КУРОРТНЫХ ГОРОДОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ

Селифонова Ж.П.

*Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова,
пр. Ленина, 93, 353918, Новороссийск, 8(8617) 71-75-25, selifa@mail.ru*

It is revealed that the Gelendzhik and the Anapa Bays have great significance for spawning of fishes. High numerical density of ichthyoplankton and increase of pelagic eggs of rare species of fishes, that permitted to suggest the improving condition of coastal waters of resort cities.

Известно, что эмбриональный и постэмбриональный периоды развития рыб отличаются повышенной чувствительностью к изменениям факторов среды, в том числе к антропогенным воздействиям. Поэтому численность и таксономический состав ихтиопланктона (икра и личинки рыб) являются важными диагностическими признаками состояния нерестовых популяций рыб и пелагической экосистемы в целом. В прибрежной зоне мониторинговыми исследованиями ихтиопланктона были охвачены акватории портовых городов Новороссийска и Туапсе [1, 2, 4–6], в акваториях курортов такие исследования не проводили либо они были эпизодическими. По инициативе экспертов Международного экологического движения «Terra Viva» г. Сочи планируется включить в список объектов Всемирного природного и культурного наследия ЮНЕСКО. Однако разработка перспективной программы улучшения экологической обстановки прибрежных вод г. Сочи, а также других курортных городов северо-восточного шельфа невозможна без организации системы специальных наблюдений – экологического мониторинга планктонных сообществ.

Цель работы – изучение видового состава и численности ихтиопланктона акваторий черноморских курортов Анапы, Геленджика и Сочи.

Планктонные пробы в акваториях Анапы, Геленджика и Сочинского порта собирали в июле-августе 2012 г. Для каждого из полигонов вычисляли средние показатели численности ихтиопланктона. Сбор икринок и личинок рыб осуществляли сетями МНТ и Богорова-Расса

(80/114 см, ячея 500 мкм, площадь входного отверстия 0.5 м²). Отбор проб производили в режиме горизонтального 10-ти минутного поверхностного траления на скорости судна до 2-х узлов и вертикального лова от дна до поверхности.

Анапская бухта. В составе ихтиопланктона обнаружено 11 таксономических форм икринок и личинок (3 – мигрирующих, 8 – оседлых). Отмечена икра темного горбыля, арноглоса, лапины, морского языка, звездочета, ошибня, личинки *Gobiidae*, *Blennidae*. Личиночный комплекс был представлен слабо (не более 2%). Исследования, выполненные в июле, пришлись на пик нереста пелагофильных рыб. В это время в бухте доминировали икринки морского карася (35.8% от общей численности ихтиопланктона), морского ерша (34.8%). Средняя численность ихтиопланктона составляла в вертикальных ловах – 43 экз./м², в горизонтальных ловах – 316.4 экз./100³. Следует отметить, что количество ихтиопланктона охраняемых видов рыб, таких как лапина и арноглот было самым высоким для северо-восточного шельфа [6]. Икринки лапины в Анапской бухте отмечены в количестве 138 экз./100³, арноглоса – 94 экз./100³, что в 2.5–7 раз выше максимальных значений, обнаруженных этими авторами в районе Туапсе и Сочи. В конце августа в связи с затуханием нереста выявлено резкое падение обилия ихтиопланктона. Преобладала икра трех видов – морского ерша, морского карася, арноглоса. Средняя численность в вертикальных ловах снизилась до 12 экз./м², в горизонтальных – 21.6 экз./100³. Количество нежизнеспособных икринок и с аномалиями в развитии в исследуемый период колебалось от 6.5 до 13.9%.

Геленджикская бухта. В июле обнаружены икринки и личинки 10 таксономических форм (5 – мигрирующих, 5 – оседлых). Преобладала икра султанки (47.5%), морского карася (14.5%), ставриды (14%), морского ерша (14%). Доля личинок была менее 1%. Единично отмечена икра лапины, звездочета, личинки *Blennidae*. Численность икры каменного окуня, занесенного в Красную книгу Украины, была самая высокая по побережью (в среднем по бухте – 26.0 экз./100³, максимум в ее открытой части – 41.5 экз./100³). Такая высокая численность очевидно обусловлена тем, что в районе м. Толстого и Тонкого сохранился естественный биотоп скал и камней с зарослями донной растительности, благоприятный для развития донных беспозвоночных и рыб. Вполне возможно, что пелагическая икра в акваторию бухты заносится течениями. В Новороссийской бухте в районе м. Пенай на богатых цистозировых биоценозах в 1970-е гг. количество икры каменного окуня достигало 342 экз./100³, в 2005 г. после сокращения площадей донной растительности в 1.4–3.8 раза ее количество снизилось до 4.5 экз./100³ [6]. В

современный период обилие икры этого вида у побережья Туапсе, Сочи было вдвое ниже, чем в Новороссийской бухте. Численность икринок темного горбыля, занесенного в Красную книгу Украины, в Геленджикской бухте достигала 15.2 экз./100^3 , что в 2.5 раза выше максимальных значений, известных для северо-восточного побережья [6]. Более благоприятные условия для нагула и нереста рыб в Геленджикской бухте, очевидно, обусловили здесь высокую плотность пелагических икринок и личинок. Средняя численность ихтиопланктона в вертикальных ловах составляла 132.2 экз./м^2 , в горизонтальных – 720.5 экз./100^3 , что сравнимо с открытой частью Новороссийской бухты [2, 4]. Доля мертвого ихтиопланктона и с аномалиями в развитии была не более 11.3–12.5%.

Сочинский порт. В составе ихтиопланктона идентифицировано 13 таксономических форм икринок и личинок рыб (6 – мигрирующих, 7 – оседлых). В июле в уловах преобладала икра хамсы (37.3%), морского карася (13%), султанки (10.8%), ставриды (20.8%) и морского ерша (10.2%). Доля личинок составляла не более 0.5%. Отмечено четыре вида рыб, охраняемых в российском и украинском черноморском секторе, – арноглот, темный горбыль, лапина и остронос (кефаль). Численность остроноса, внесенного в Красную книгу Кубани (10 экз./м^2), была в 20 раз выше таковой для Новороссийской бухты [6]; другие краснокнижные виды были единичны. Однако в целом обилие ихтиопланктона было ниже в сравнении с акваториями Анапы и Геленджика. В порту в вертикальных ловах численность составляла 22 экз./м^2 , в горизонтальных ловах – 53.7 экз./100^3 ; в открытой части – 44 экз./м^2 и 134 экз./100^3 соответственно. Доля нежизнеспособных икринок и с аномалиями в развитии достигала 18% в открытой части и 45% в порту, что свидетельствует о менее благоприятных условиях для развития ихтиопланктона. Следует отметить, что в акватории порта общее количество ихтиопланктона, собранного методом траления, было почти на порядок ниже, отмеченного в 2007 г. в районе Хосты; в открытой части – в 5 раз ниже этого показателя [3]. В августе численность ихтиопланктона резко снизилась. В вертикальных ловах икринки отсутствовали, в горизонтальных ловах их количество не превышало 2 экз./100^3 в порту и 4.7 экз./100^3 за его пределами. В уловах были отмечены единичные икринки султанки, ставриды, морского карася, темного горбыля и личинка черного бычка.

Таким образом, большую значимость для нереста рыб имеют акватории Геленджика и Анапы. Высокая численность ихтиопланктона, низкая смертность и увеличение пелагической икры редких краснокнижных видов рыб свидетельствуют об оздоровлении прибрежных вод курортных городов.

Благодарность. Автор благодарит работников транспортной отрасли (филиалы ФГУ «АМП Новороссийск» в морских портах Сочи, Анапа, Геленджик) и Сочинское отделение Русского географического общества за содействие в сборе материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Болгова Л.В.** Ихтиопланктон Новороссийской бухты в условиях антропогенного воздействия: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М.: ИО РАН, 1994. – 25 с.

2. **Болгова, Л.В.** Многолетняя динамика ихтиопланктона Новороссийской бухты / Л.В. Болгова, Н.П. Студиград // Состояние экосистем шельфовой зоны Черного и Азовского морей в условиях антропогенного воздействия. – Краснодар: КубГУ, 2011. С.12–22.

3. **Горайнова, Л.И.** Развитие основных компонентов летнего пелагического сообщества северо-восточного побережья Черного моря / Л.И. Горайнова, А.Ю. Литвин, И.М. Луговая, Н.П. Студиград // Состояние экосистем шельфовой зоны Черного и Азовского морей в условиях антропогенного воздействия. – Краснодар: КубГУ, 2011. С. 27–37.

4. **Селифонова Ж.П.** Ихтиопланктон прибрежных вод северо-восточного шельфа Черного моря и Керченского пролива // Вопр. ихтиологии. – 2012. Т. 52. №. 4. С. 423–431.

5. **Селифонова Ж.П.** Экосистемы акваторий черноморских портов Новороссийска и Туапсе /под. ред. Г.Г. Матишова. – СПб.: Наука, 2012. – 228 с.

6. **Студиград, Н.П.** Современный состав икры и личинок охраняемых видов рыб северо-восточного побережья Черного моря (2000–2010 гг.) /Н.П. Студиград, Л.В. Болгова // Состояние экосистем шельфовой зоны Черного и Азовского морей в условиях антропогенного воздействия. – Краснодар: КубГУ, 2011. С. 146–152.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ (ЧЕРНОЕ МОРЕ)

Моисеенко О.Г., Коновалов С.К., Орехова Н.А.

*Морской гидрофизический институт НАН Украины,
ул. Капитанская, 2, 99011, г. Севастополь, Украина
+38(0692)554-253, olga.moiseenko.65@mail.ru*

In this paper the Pollution Load Indexes (PLI) were used as a part of the management strategy. The PLI scores allow assessing the extent of chemical contamination in estuarine sediments representing one of the final stages in migration of substances in marine ecosystem.

Зона сопряжения суши и моря испытывает суммарную антропогенную нагрузку береговых источников: муниципального хозяйства, наземного транспорта, промышленности, туристической и рекреационной индустрии, и источников загрязнения непосредственно связанных с морем: морского транспорта, портового хозяйства, судостроительного и судоремонтного производств. Это приводит к деградации прибрежных экосистем, а во многих регионах побережья – к кризисному экологическому и санитарно-эпидемиологическому состоянию окружающей среды. Оценка уровня загрязнения акватории и определение ее экологического статуса представляет большой интерес, так как позволяет не только определить степень отклонения от естественно-природного состояния природного объекта, но и выявить приоритетные направления природоохранных, административных и социальных мер по уменьшению воздействия хозяйственной деятельности человека на прибрежные экосистемы.

Загрязнение бухт, заливов и гаваней диктует необходимость вести разработку мероприятий по их охране и требует научного методологического подхода к оценке экологического состояния акваторий, которая должна быть понятной для широкого круга специалистов, занимающихся проблемами устойчивого эколого-экономического развития прибрежных акваторий, от которых зависит принятие конкретных решений и мер по стабилизации и улучшению их состояния.

Морские донные отложения, являясь конечным пунктом миграции вещества, объективно отражают процессы основных природных циклов

водной экосистемы, степень и глубину их трансформации, а так же рассматриваются как накопители загрязнения.

В [1] для оценки экологического состояния бухт и эстуариев была предложена относительная величина концентрации загрязняющих веществ в донных отложениях – *Pollution Load Index (PLI)*, индекс уровня загрязнения, который позволяет производить оценку качества среды по десятибалльной шкале. Низкий уровень ($PLI \leq 1$) соответствует очень загрязненному эстуарию, высокий уровень ($PLI = 10$) – практически незагрязненному водному бассейну. Предпосылкой для применения в исследовательской работе этой методики, являются накопленные знания об эстуарных экосистемах и ожидаемых откликах биоценозов на различные виды загрязнения [1].

Целью данной работы явилось определение уровня загрязнения Севастопольской бухты с помощью *PLI*, исследование интенсивности загрязнения различных районов бухты, выделение очагов экологического риска.

Используемая в данной работе методика [1] позволяет рассчитать интенсивность химического загрязнения донных осадков бухт и эстуариев по ниже приведенной формуле:

$$PLI_{indiv}^i = 10^{(1 - [Conc_i - B] / [T - B])},$$

где *PLI* – индекс уровня загрязнения; *Conc_i* – концентрация элемента (мг/г) в донных отложениях; *B* – базовая концентрация (мг/г), характерная для донных отложений незагрязненной зоны; *T* – пороговая концентрация элемента (мг/г) в донных отложениях, приводящая к гибели биоты.

Реальная концентрация загрязняющего вещества может значительно превышать пороговые концентрации. В этом случае значение PLI_{indiv}^i будет ниже 1, что будет указывать на «чрезмерное» загрязнение объекта по данному элементу не совместимое с биологической жизнью. Чтобы сделать оценку суммарного влияния различных загрязняющих веществ в каждой точке и в целом в бухте были вычислены PLI_{site} (среднее геометрическое PLI_{indiv}^i для каждого элемента на одной станции) и $PLI_{estuary}$ (среднее геометрическое всех PLI_{site} в пределах эстуария) [1, 2].

Использование среднего геометрического для вычисления PLI_{site} и $PLI_{estuary}$ позволяет учесть локальные загрязнения и превышение концентраций всего лишь одного из ряда загрязняющих веществ в интегральной по пространству и совокупности загрязнителей оценке эстуария.

Значения базовых и пороговых концентраций загрязняющих веществ, использованные для расчета *PLI* во всех рассмотренных в настоящей работе акваториях, приведены в работе [2].

На основе, имеющихся данных о содержании наиболее распространенных загрязнителей, таких как *Cd*, *Cr*, *Zn*, *Pb*, *Cu* и повышенного со-

держания $C_{орг}$, P и N в донных отложениях, были рассчитаны значения PLI^i_{indiv} , PLI_{site} и $PLI_{estuary}$.

Значения PLI^i_{indiv} ниже 1,0 были определены для N , Cd , Cr и Zn , с концентрациями 3800 мг/г сухого веса ($PLI^N_{indiv} = 0,24$), 3 мкг/г ($PLI^{Cd}_{indiv} = 0,02$), 107 мкг/г ($PLI^{Cr}_{indiv} = 0,05$), 114 мкг/г ($PLI^{Zn}_{indiv} = 0,66$) соответственно.

Ряд концентраций диссипирующих загрязнителей ($C_{орг}$, P и N) характеризуется меньшим разбросом абсолютных значений, чем ряд концентраций консервативных загрязняющих веществ (Cd , Cr , Zn , Pb , Cu), и его можно представить следующим образом $PLI^P_{indiv} > PLI^{Cope}_{indiv} > PLI^N_{indiv}$. Величины PLI^i_{indiv} тяжелых металлов ниже величин PLI^i_{indiv} $C_{орг}$, P и N видимо в силу того, что последние подвержены трансформации, в то время как первые имеют тенденцию к накоплению. Уровни загрязнения тяжелыми металлами довольно сильно различаются, поскольку они зависят, прежде всего, от вида и мощности локального техногенного прессинга.

Рассчитанные с использованием величин PLI^i_{indiv} , значения PLI_{site} в Севастопольской бухте изменялись в пределах от $6 \cdot 10^{-4}$ до 7,6 (рис. 1), на основе которых было осуществлено районирование акватории и выделены четыре провинции. Восточная зона является умеренно загрязненной ($PLI = 5,8$), центральная и южная ($PLI = 1,7$ и $2,6$ соответственно) – сильно загрязненными, и западная зона – чрезвычайно загрязненной ($PLI = 0,1$) (рис. 2).

Используя значения PLI_{site} для Севастопольской бухты, был рассчитан индекс $PLI_{estuary}$, который составил 2,94. Это позволило сравнить состояние бухты с ирландскими и французскими эстуариями, для которых $PLI_{estuary} = 0,00 \div 3,37$, за исключением залива Вейс ($PLI_{estuary} = 7,37$) [2].

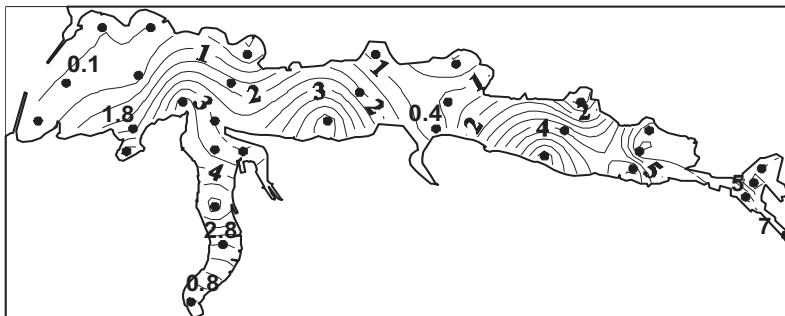


Рис. 1. Распределение индексов уровня загрязнений (PLI_{site}) для поверхностного слоя (0–5 см) донных осадков Севастопольской бухты

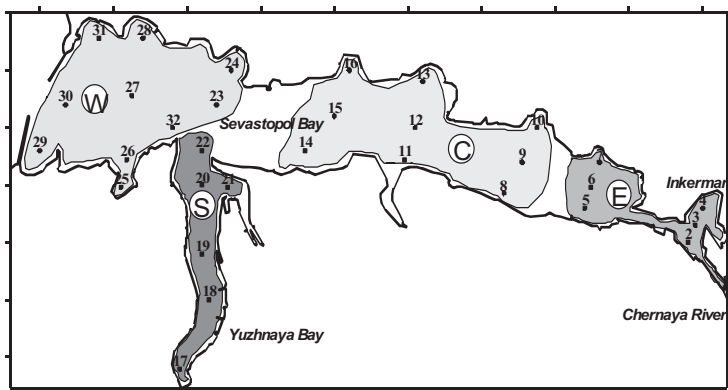


Рис. 2. Расположение районов умеренного (E), сильного (C, S) и чрезвычайно загрязнения (W)

Обсуждаемые в статье индексы имеют ряд достоинств для неспециалистов в области химии моря, так как представляет собой удобную оценочную шкалу, которой можно руководствоваться, принимая стратегические решения по менеджменту эстуариев.

Работа была выполнена при поддержке международного проекта EC 7th FP Area ENV.2009.2.2.1.4: Integrated Coastal Zone Management (2010–2013, PEGASO, # 244170), Collaborative large-scale integrating project: People for Ecosystem based Governance in Assessing Sustainable development of Ocean and coast (PEGASO).

ЛИТЕРАТУРА

1. **Wilson, J.G., Jeffrey, D.W.** Europe-wide indices for monitoring estuarine quality // Biological Indication of Pollution.– Ireland, Dublin: Richardson, DHS (Ed), 1987. – P.225–242.
2. **Wilson, J.G., Elkaïm, B.A.** Comparison of the pollution status of twelve Irish and French estuaries / Estuaries and coasts: spatial and temporal inter comparisons. ECSA 19 Symposium, 1991. – P.47–59.
3. **Романов А.С., Орехова Н.А., Игнатьева О.Г., Коновалов С.К., Овсяный Е.И.** Влияние физико-химических характеристик донных осадков на распределение микроэлементов на примере бухт Севастополя (Черное море) // Экология моря. Сб. науч. тр. ИнБЮМ НАНУ. – 2007. Вып. 73. С. 85–90.

ОЦЕНКА МЕТОДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В МОРСКИХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНОВ

Моисеенко О.Г., Орехова Н.А.

*Морской гидрофизический институт НАН Украины
ул. Капитанская, 2, 99011, г. Севастополь, Украина
+38(0692)554-253, olga.moiseenko.65@mail.ru*

A comparison of two methods – the "loss on ignition" (LOI) and "wet incineration" for the determination of organic carbon was made for marine sediments. Recommendations on the use of these methods in the coastal areas are given.

Содержание в донных отложениях и реакционная способность $C_{\text{орг}}$, входящего в состав органических соединений, представляет собой одну из основных физико-химических характеристик донных отложений и влияет на величины Eh, pH, концентрацию кислорода и других окислителей, гранулометрический состав и морфологию дна [1]. Содержание $C_{\text{орг}}$ определяет адсорбционную ёмкость и десорбционные способности донных отложений. Концентрация $C_{\text{орг}}$ в осадках является одним из промежуточных звеньев в цепи: гидродинамический режим поверхностного слоя воды → биомасса планктона → продуктивность фитопланктона → содержание $C_{\text{орг}}$ в осадках → абсолютные массы органического вещества [2].

Биогеохимические циклы прибрежных экосистем в первую очередь испытывают возрастающую антропогенную нагрузку, особенно от огромного количества органического углерода и биогенных элементов, поступающих с материка, что приводит к трансформации природных круговоротов, зачастую необратимой. Содержание $C_{\text{орг}}$ и его отношение к содержанию углерода неорганического является показателем устойчивости и характеристикой направленности процессов в биогеохимическом цикле углерода морских экосистем [3].

В случаях, когда определение $C_{\text{орг}}$ не является основным предметом изучения, исследователи, как правило, используют малобюджетные и методически простые и надежные методы определения $C_{\text{орг}}$. Чаще всего это методы «потери при прокаливании» (ППП) [4] и «мокрого сжигания» [5].

Цель настоящей работы состоит в сравнении этих методов и выявления возможной области их использования для получения репрезентативных результатов исследований.

В работе был использован стандартный образец морских донных осадков «MESS-3», полученный отделом биогеохимии моря МГИ НАН Украины в рамках международного проекта «Evaluation of coastal pollution status and bioindicators for the Black Sea (BIOBS)», для проведения работ по интеркалибрации лабораторных измерений. Так же, в качестве экспериментальных образцов исследовался поверхностный (0-5 см) слой донных отложений прибрежной части Черного моря с различным соотношением $C_{орг}$ и карбонатов кальция и магния в них.

В соответствии с порядком работ по интеркалибрации стандартный образец «MESS – 3» был разделен на 6 проб, в которых определялась концентрация $C_{орг}$. Также было выполнено шесть параллельных измерений в одной пробе для определения воспроизводимости метода. Аналогичным образом проводились измерения ППП в пробах. Среднее значение $C_{орг}$ в % масс шести проб полученное по методу «мокрое сжигания» составило 1.83 ± 0.12 , а методом ППП – 11.12 ± 0.003 . Результаты анализа обоих методов принято приписывать содержанию $C_{орг}$, однако разница значений в одном и том же образце донных осадков на порядок заставила задуматься над репрезентативностью обоих методов.

Так же было отмечено, что при увеличении содержания $C_{орг}$ разница в результатах двумя методов при оценке содержания $C_{орг}$ возрастает (рис. 1).

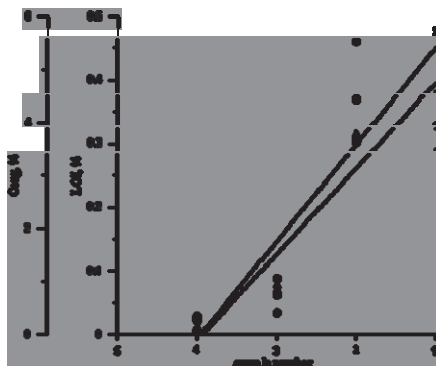


Рис. 1. Результаты анализа образцов донных отложений на содержание в них $C_{орг}$, посредством определения ППП (●) и «мокрым сжиганием»

(▲)

Для выяснения причин возможных ошибок методов и определения минералогического состава образец был проанализирован с помощью дифференциально-термического метода (ДТА) [6]. Экзотермический эффект, зарегистрированный при $t = 200^{\circ}\text{C}$ с потерей массы 2.5 %, соответствует процессу испарения адсорбционной воды. Тепловой эффект, обнаруженный при $t = 450^{\circ}\text{C}$ с потерей массы 11.5 %, можно было бы приписать окислению органического вещества, если бы он был экзотермическим. Однако, эндотермический эффект, который зафиксирован на термограмме, скорее связан с потерей кристаллизационной воды глинистыми фракциями образца, чем с органическим веществом.

По результатам ДТА стандартного образца «MESS-3» можно утверждать, что используя методику «мокрого сжигания» удастся определить в образце концентрацию именно $\text{C}_{\text{орг}}$ в то время как при определении ППП в образце «выгорают» и улетучиваются в виде газов соединения, связанные не только с $\text{C}_{\text{орг}}$, но и входящие в состав других веществ, как органического, так и минерального происхождения.

Если рассмотреть термограммы чистых минералов, входящих в состав морских донных отложений, то видно, что на термограмме CaCO_3 не наблюдается никаких термических эффектов вплоть до $t = 1073^{\circ}\text{K}$ (800°C) [7]. Таким образом, карбонаты не вносят дополнительного вклада в потерю массы образцом и не могут завышать результаты анализа методом ППП. Этот факт подтверждается и анализом проб из б. Казачей с содержанием карбонатов от 60% до 100% – связи между увеличением концентрации карбонатов в образце донных отложений и ППП не было обнаружено.

Что касается глинистых минералов, то в диапазоне $573\text{--}973^{\circ}\text{K}$ ($300\text{--}700^{\circ}\text{C}$) наблюдается два термических эффекта, связанных с разложением глинистых минералов, которые в зависимости от минералогического состава конкретного образца морских донных осадков могут присутствовать и по отдельности, и в совокупности, накладываясь друг на друга [7]. Кроме основной проблемы зависимости метода ППП от минералогического состава глинистой составляющей, существует сложность прогнозирования количества кристаллизационной воды в глинистых минералах морских донных отложений, поскольку они являются прекрасными адсорбентами, а эта характеристика зависит от условий их формирования, что так же делает прогноз ошибки и введение поправочного коэффициента невозможным.

Поскольку материковый вклад в седиментогенез морских донных осадков прибрежных и шельфовых зон в отличие от глубоководных значителен, и содержание в них глинистых фракций велико, то и погрешность метода ППП может быть так же весьма существенна.

Кроме того, вследствие физико-химических особенностей карбонатных пород, из таких проб органическое вещество может выгорать не полностью, что может усиливаться при наличии температурного градиента внутри муфельной печи.

Безусловно, когда исследователя интересует полуколичественная оценка органического вещества в образце и отбор проб ведется в одном и том же месте, в котором внешние условия мало меняются, то простота и доступность метода ППП может служить достаточным аргументом в пользу его применения. Однако, для определения $C_{\text{орг}}$ в морских осадках с целью дальнейшего сравнения образцов, взятых их разных точек побережья или при резко изменившихся факторах их формирования, с нашей точки зрения, следует отдать предпочтение методу «мокрого сжигания», техника и методика исполнения которого также малобюджетна и несложна.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Sarmiento J.L., Cruber N.** Ocean Biogeochemical Dynamics. // Princeton University Press – 2006. – 526 p.
2. **Страхов Н. М.** Гидродинамический механизм распределения и накопления $C_{\text{орг}}$, SiO_2 и карбонатов кальция и магния. В кн.: Химия океана. Т. 2. М.: Наука. 1979. – С. 91–130.
3. **Моисеенко О.Г., Орехова Н.А.** Исследование механизма многолетней эволюции цикла углерода в экосистеме Севастопольской бухты. // Морской гидрофизический журнал. 2011. № 2. – С. 72–83.
4. ГОСТ 26318.14-84. Материалы неметаллорудные. Метод определения потери массы при прокаливании.
5. **Орлов Д. С., Гришина Л.А.** Практикум по химии гумуса. М: Изд-во МГУ, 1981. – 272 с.
6. Шестак Я. Теория термического анализа: Физико-химические свойства твёрдых неорганических веществ. Thermophysical properties of solids: Their measurements and theoretical thermal analysis / Пер. с англ. – М.: Мир, 1987. – 456 с.
7. **Горшков В.С., Тимашев В.В.** Термография вяжущих веществ // Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. М.: Высшая школа. 1963. – С. 95–210.

ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ РАЗДЕЛА «ВУЛКАНЫ» НОВОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АТЛАСА РОССИИ

Жулёва Е.В.¹, Игнатов Е.И.²

¹ *Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,
Нахимовский пр., 36, 117997, г. Москва,
8(499)124-79-49, lenageo@rambler.ru*

² *Московский Государственный Университет
им. М.В. Ломоносова, Ленинские горы, 119991, Москва
ign38@mail.ru*

Basis of the section “Volcanoes” of new Ecological Atlas of Russia are presented.

В рамках проекта «Экологический атлас как инструмент для охраны окружающей среды России», поддержанного грантом Русского географического общества на 2013 год, принято решение о выпуске нового издания Экологического атласа России. В круг геологических процессов, влияющих на состояние окружающие среды и экологическую обстановку, и создающих природные опасности, решено включить вулканизм. Предполагается, что раздел, посвященный вулканизму, будет содержать картографическую и текстовую информацию, и фотографии вулканов.

На карту Российской Федерации масштаба 1:20 000 000 будут нанесены вулканы Камчатки и Курильских островов, северо-востока России, Приморского края, Прибайкалья, Забайкалья, Восточных Саян, Кавказа, прибрежной зоны Черного и Азовского морей. Как действующие, так и недавно потухшие. Есть возможность привести таблицу наиболее крупных вулканов, в которой будут указаны их координаты, абсолютная высота и время последнего извержения, и крупномасштабную карту вулканов Камчатки, построенную в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (рисунк).

В текстовой части раздела после определения понятия «вулканы» и характеристики геодинамических условий, в которых функционируют современные активные вулканы России, проводится описание механизмов вулканических извержений и их типов.

Механизм вулканического извержения может быть выражен сильным взрывом либо серией сильных взрывов (эксплозиями), или выжи-

манием куполов вязкой магмы (экструзиями), или излиянием более или менее жидких лавовых потоков (эффузиями). В зависимости от соотношения извергаемых продуктов и вязкости лав, выделяются четыре основных типа вулканических извержений – гавайский (эффузивный), стромболианский (смешанный), пелейский (экструзивный) и вулканский (эксплозивный). На территории России происходят вулканические извержения всех основных типов.



Рисунок. Карта вулканов Камчатки

Гавайский тип характеризуется излияниями жидкой, высокоподвижной базальтовой лавы, формирующей плоские щитовые вулканы. К вулканам гавайского типа относится Толбачик – вулканический массив на Камчатке.

Стромболианский тип извержений связан с более вязкой основной лавой, которая выбрасывается разными по силе взрывами из жерла, образуя сравнительно короткие и мощные лавовые потоки или в результате сильных взрывов – шлаковые конусы и шлейфы вулканокластического материала – песка, пепла, лапиллей, бомб. Обычно вулканы этого типа – стратовулканы, в конусе которых чередуются отложения, образованные лавовыми потоками и пирокластическим материалом. К вулканам этого типа относится Ключевская сопка – самый высокий и самый активный действующий вулкан Евразии.

Характерной особенностью вулканического типа извержений является увеличение роли газов, производящих взрывы и выбросы огромного количества тефры – туч, переполненных обломками горных пород, лав и пепла, образующих пемзовые и пепловые потоки, шлаковые конусы. Лавы вязкие, формируют небольшие потоки. Вулканский тип извержений характерен для таких активных вулканов Камчатки, как Авачинская сопка и Карымская сопка.

Для пелейского типа извержений характерно образование грандиозных раскаленных лавин или палящих туч, а также выжимание и выталкивание вязкой лавы сильным напором из магматического канала с образованием куполов (вулкан Семячик на Камчатке) и обелисков (вулкан Шивелуч на Камчатке).

Вулканы активно влияют на состояние природной среды, являясь источником эндогенной энергии, глубинного вещества и газов. В обзор воздействия вулканических извержений на состояние экосистемы включена характеристика его основных параметров и приводятся примеры из истории вулканизма России.

В качестве основных параметров воздействия вулканизма на состояние природной среды рассмотрены:

- геоэнергетический эффект, связанный с выделением эндогенного тепла непосредственно во время вулканических извержений и в периоды «покоя» между извержениями.

По расчетам Б.Г. Поляка (1988), проведенным для вулканов Камчатки, энергия вулканизма распределяется следующим образом: 14% на подъем магмы к земной поверхности, 0.2% на сейсмические проявления, 43.5% на охлаждение извергнутых продуктов вулканизма, 32.7% на фумарольную деятельность в периоды «покоя» между извержениями,

3.9% на нагревание пород вокруг вулканических очагов и 5.6% на нагревание воды, циркулирующей в зоне влияния вулкана [1];

– образование цунами. Причиной цунами становится формирование кальдер обрушения и подводных оползней на склонах вулканических островов. В 1933 г. взрыв вулкана Севергина на Курильском острове Харимкотан обрушил его вершину в Тихий океан. Обвал объемом около 80 млн. м³ вызвал цунами высотой до 9 м на о. Парамушир, удаленном на 150 км;

– выбросы пирокластического материала и пеплообразование повышенной активности. 2 сентября 2012 года активизировался вулкан Безымянный на Камчатке. По сообщению РИА Новости, произошел выброс пепла и газов на высоту около 12 км; пепловый шлейф протянулся приблизительно на 50 км в северо-восточном направлении и представлял серьезную опасность для самолетов, маршруты которых проходят над северной частью Тихого океана, т.к. частицы вулканического пепла, попав в механизмы, могут спровоцировать катастрофу. Кроме того, мелкая пыль эруптивных облаков может на длительный срок ухудшить прозрачность стратосферы и повлиять не только на природные условия региона, но и на климат значительной части планеты;

– вулканические извержения и грязевые вулканы, а в периоды покоя – сольфатары, фумаролы, гейзеры сопровождаются активным выходом вулканических газов. [Для демонстрации состава вулканогенных летучих компонентов приводится таблица состава проб вулканического газа, отобранных во время извержения вулкана Тятя на острове Кунашир (Курильские острова) в 1973 году (Мархинин, 1980, стр. 97)] [2].

Усиленная глубинная дегазация изменяет состав атмосферы и влияет на изменение климатических условий:

Главными термодинамически активными составляющими вулканических газов являются углекислый газ (CO₂) и водяной пар (H₂O). Эти газы создают «парниковый эффект» в атмосфере, активно поглощая инфракрасное излучение нагретой Солнцем поверхности Земли и не давая теплу уходить в космическое пространство [3].

Выделение таких богатых серой газов, как сероводород (H₂S) и диоксид серы (SO₂), приводят к возникновению опасных для жизни аэрозолей серной кислоты в стратосфере. Влияние на климатические условия проявляется в том, что абсорбция солнечного света частицами аэрозолей вызывает повышенный разогрев стратосферы и сокращение нагрева нижних слоев атмосферы.

Одной из наиболее важных экологических проблем современности является проблема озонового слоя Земли. При подъеме водородно-

метанового потока в атмосферу происходит разрушение озонового слоя над центром дегазации, и в образовавшиеся над центром дегазации «озоновые дыры» к поверхности Земли проникает избыточный поток ультрафиолета, губительный для биосферы. Вулканические извержения характеризуются повышенным выделением метана (CH_4) и водорода (H_2), газов, которые играют ведущую роль в разрушении озонового слоя.

Вулканизм не только сформировал рельеф большей части территории России. Извержения вулканов – это реалии жизни нашей страны. В настоящее время на территории России существуют две области проявления активного вулканизма. Это Курило-Камчатская зона: на полуострове Камчатка 14 активных вулканов, на Курильских островах – 39. Последним вулканическим извержением на Камчатке было начавшееся 27 ноября 2012 г. извержение вулкана Плоский Толбачик, вызвавшее пожары в окрестных лесах. Еще одной областью активного вулканизма является Таманский полуостров Азовского моря, где постоянно извергаются грязевые вулканы. Их насчитывается не менее 50. Последнее катастрофическое извержение, сопровождавшееся сильным взрывом и мощным излиянием черной грязи, произошло на Тамани на Карапетовой горе в 2002 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Поляк Б.Г.** Тепломассопоток из мантии в главных структурах земной коры. – М.: Наука, 1988. – 192 с.
2. **Мархинин Е.И.** Вулканы и жизнь. – М.: Мысль, 1980. – 196 с.
3. **Arrhenius S.** On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground // Phil. Mag. 1896. V. 41. P. 237–276.

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В МОРСКОЙ ВОДЕ

Lauran Plevier

*Skalar Analytical B.V., Tijnstraat, 12, 4823 AA Breda, The Netherlands,
+31 76 5486 486/ 400 E-mail mihnowetz.k@skalar.com*

Automated techniques for nutrient seawater analysis have become widely accepted over the last 30 years. The most popular technique today is the Segmented Flow Technique. Skalar has developed this technique over the last 30 years in Skalar's range of

SAN ++ automatic analysers. The basis of the present methods in the Skalar seawater analyser are the methods developed by Grasshoff (1976) “Methods of Seawater Analysis”.

Автоматизированный метод анализа питательных веществ в морской воде утвердился более 30 лет тому назад. При обработке больших количеств образцов автоматизированные методы вытеснили ручные методы анализа.

Наиболее востребованный метод анализа на сегодняшний день – техника сегментированного потока. Компания Skalar разработала данный метод 30 лет назад и включила прибор SAN++ в линейку автоматизированных анализаторов.

За основу методик анализа на автоматизированном анализаторе были взяты методы анализа, разработанные в 1976 г. Грассхоффом “Методы анализа морской воды”.

Анализируемые питательные вещества на анализаторе SAN++ и принцип анализа.

Специфика анализа (высокая концентрация солей, вибрация и качка).

Стандартная комплектация анализатора Skalar для анализа питательных веществ в морской воде.

Практический пример применения автоматического анализатора морской и пресной воды в судовых условиях. [1]

ЛИТЕРАТУРА

1. Отчет Натальи Мишиной, исследователя Мурманского Морского Биологического Института, Мурманск, Россия от 03.04.2008.

УДК 551.46.550.4

НОВЫЙ СПОСОБ ОТБОРА ПРОБ ВОДЫ

Авилов В.И.

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН
Нахимовский пр., 36, 117997, г. Москва, 8(499) 124-88-40,
avands@yandex.ru*

New technology elaboration becomes one of science main tasks. The method of water sample freezing “in situ” keeps sam-

pler natural properties and opens new possibilities for research in aquageoecology.

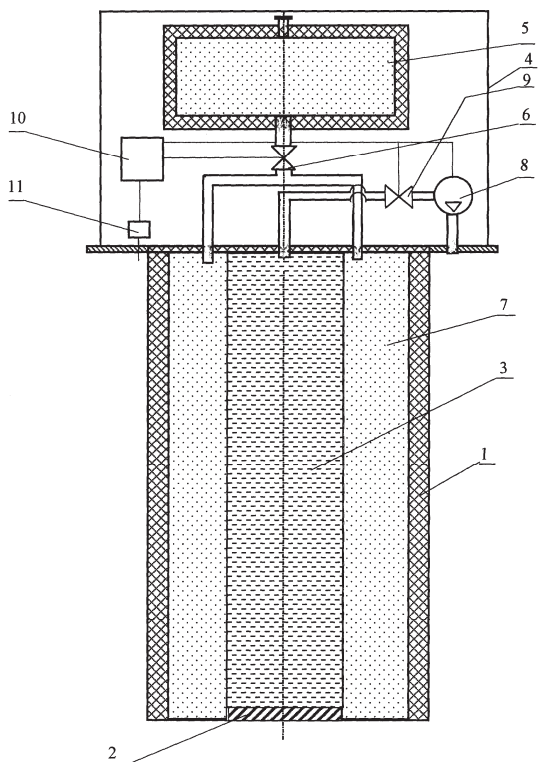
Разработка новых технологий становится одной из главных задач дальнейшего развития науки, в том числе – океанологии. Наиболее продуктивным в современных условиях считаем разработку технологии получения нового фактического материала и новых методов его осмысления на основе синтеза полученных вновь и известных научных фактов. Разработка и внедрение этого подхода обеспечивает наполнение новыми данными информационной системы аквагеоэкологии [1]. Появление и внедрение в практику исследований новых методологий, технических средств и методов зачастую приводит к рождению нового научного направления, особенно на стыке наук.

Изобретение относится к океанологии и лимнологии, преимущественно гидрогеоэкологии, и может найти применение при изучении широкого комплекса гидрохимических, газогеохимических и биохимических показателей, используемых для количественной оценки экологического состояния морских и внутренних водных объектов с выделением техногенной составляющей из природных взаимодействий.

Цель настоящего изобретения заключается в обеспечении возможности получить представительные пробы, длительное сохранение их нативных свойств, возможность осуществления высокоточного и многокомпонентного анализа. Тем самым обеспечить снижение погрешностей при одновременном измерении комплекса геоэкологических показателей, увеличить производительность труда, повысить информативность исследований и достоверность экологических оценок состояния водных объектов [2].

Способ предусматривает на глубине пробоотбора прокачку заборной воды через полость пробоотборника в объеме, равном десяти объемам пробы, и последующее замораживание пробы со скоростью не ниже $0,3^{\circ}\text{C}$ в секунду до среднеемной температуры пробы не ниже -30°C . На борту судна пробу хранят в стерильном герметично закрываемом контейнере, в который ее выталкивают из полости пробоотборника после проведения плавления пробы на границе ее со стенками пробоотборника. Хранение замороженной пробы производят при температуре от -20 до -30°C , а на анализ передают, разрезая по частям, например, с помощью лазерного луча.

На представленном чертеже схематически изображен батометр, с использованием которого реализуется предложенный способ взятия проб воды.



Батометр включает пробоотборник 1 с крышкой 2, герметично закрывающей полость 3 пробоотборника. В корпусе 4 батометра размещены емкость 5 с жидким азотом, связанная через клапан 6 с теплообменником 7, размещенным в пробоотборнике 1 между его корпусом, снабженным теплоизоляцией, и полостью 3, водяной насос 8, связанный трубопроводом через клапан 9 с полостью 3 пробоотборника, блок управления 10, связанный с датчиком 11 глубины погружения и управляющий клапанами 6, 9, водяным насосом 8 и положением крышки 2.

Реализация предложенного способа отбора проб воды предусматривает проведение следующих действий и операций.

На борту судна стерилизуют внутреннюю полость 3 пробоотборника 1 батометра, заполняют ее инактивной стерильной жидкостью и герметично закрывают крышкой 2.

Подготовленный батометр, обладающий вместе с балластным грузом отрицательной плавучестью, опускают на глубину водного объекта. Сигнал о достижении спускаемым батометром заданной глубины с датчика 11 глубины погружения поступает на блок управления 10.

При осуществлении отбора пробы воды с заданного горизонта фиксируют батометр на заданной глубине. По сигналу с блока управления 10 открывают механически или пневматически крышку 2 пробоотборника 1. Затем по команде с блока управления 10 открывают клапан 9 и включают водяной насос 8. Водяной насос 8 осуществляет прокачку заборной воды через полость 3 пробоотборника 1, замещая ею стерильную жидкость. После прокачки десяти объемов пробы, что обеспечивает идентичность состава воды в полости 3 пробоотборника 1 наружному, прокачку прекращают.

Начинают охлаждение пробы, подавая жидкий азот из емкости 5 через клапан 6 в теплообменник 7. Пробу охлаждают до температуры замерзания со скоростью не ниже $0,3^{\circ}\text{C}$ в секунду, обеспечивающей предотвращение массообменных процессов на границе фронта кристаллизации и сохранении нативности микрофлоры. Затем продолжают охлаждение замороженной пробы с той же скоростью до температуры, обеспечивающей после прекращения охлаждения повышение температуры пробы под влиянием окружающей среды не выше температуры ее хранения на борту. На борту пробу хранят при температуре от -20 до -30°C .

Как показали эксперименты, при использовании в качестве хладагента жидкого азота, поступающего в теплообменник 7, позволяет обеспечить захлаживание пробы со скоростью не ниже $0,3^{\circ}\text{C}$ в секунду до среднеобъемной температуры – 100°C , при этом потеря пробой углекислоты ниже погрешности анализа ($0,1\%$).

После достижения среднеобъемной температуры замороженной пробы от -80 до -100°C охлаждение прекращают. Батометр поднимают на борт судна, при этом открытая крышка 2 пробоотборника не требует выравнивания давления в полости 3 с давлением окружающей среды, а замороженную пробу не может разбавить заборная вода. Сохраняются газообразные компоненты пробы.

На борту судна производят плавление пробы на границе пробостенка внутренней полости 3 пробоотборника 1, что облегчает выталкивание пробы в стерильный герметично закрывающийся полимерный контейнер, в котором пробу хранят в морозильном шкафу. Температура хранения замороженной пробы от -20 до -30°C исключает возможность перекристаллизации пробы, а следовательно, изменение ее свойств.

При передаче пробы на анализ от нее можно отрезать необходимые части, при этом возможно использование луча лазера, что значительно сокращает потери пробы и изменение ее структуры.

Для обеспечения отбора пробы из заданного слоя по глубине водного объекта включение водяного насоса 8 и проведение прокачки заборной воды начинают при подходе к верхней границе этого слоя и производят непрерывно в процессе спуска батометра. Причем объемная скорость прокачки воды $V = v \cdot S$, где S – площадь сечения пробы, а v – скорость спуска батометра. Это соотношение обеспечивает идентичность градиента состава воды в полости пробоотборника по высоте пробы и наружного из заданного слоя водного объекта. После достижения нижней границы заданного слоя прокачку воды прекращают и далее производят охлаждение пробы и все следующие после этого операции способа.

Предложенный способ обеспечивает отбор проб воды с заданных горизонтов без разрушения нативных свойств, фиксацию и сохранение компонентного состава пробы при подъеме и хранении, дает возможность определить одновременно газообразные, биохимические, гидрохимические и другие компоненты с минимальными погрешностями. Новая технология повышает достоверность отбираемых проб и информативность получаемого фактического материала, что обеспечивает надежность экологических оценок. Метод замораживания водных проб *in situ* сохраняет природные свойства образца и открывает новые возможности для исследований в аквагеоэкологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Авилов В.И.** Способ отбора проб морской воды для микробиологических и биохимических исследований /Авилов В.И., Авилова С.Д. //Бюллетень N 38. 1986. А. С. N 1264032.
2. **Авилов В.И.** Способ отбора проб воды /Авилов В.И., Дедиков Е.В., Мансуров М.Н., Мирзоев Д.А., Никитин Б.А., Полунин В.Л., Рабкин В.М., Шоколов А.Г. //Бюл. № 35. 2000. Патент № 2160891.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МОРСКИХ ПРИБРЕЖНЫХ ВОД Г. ВЛАДИВОСТОКА

Ермолицкая М.З.

*Институт проблем морских технологий
Дальневосточного отделения РАН (ИПМТ ДВО РАН)
ул. Суханова д.5а, г. Владивосток, 690091
8(423)2432587, 8(423)2432416, erm@marine.febras.ru*

Results of ecological research of coastal waters of Vladivostok city over the period 2006–2011 years are adduced. In spite of the fact that quality of water for the considered period on some parameters has improved, anthropogenic pollution of coastal waters continues.

Город Владивосток является крупным городом-портом Дальнего Востока. Он расположен на северо-западном побережье залива Петра Великого Японского моря на полуострове Муравьева-Амурского. Западная сторона полуострова омывается водами Амурского залива, восточная – водами Уссурийского залива.

Основными источниками загрязнения прибрежных вод г. Владивостока являются городские порты, судоремонтные заводы, маломерный и крупнотоннажный флот, а также сбросы недостаточно очищенных производственных, коммунально-бытовых, дождевых и талых вод.

Исследование современного экологического состояния прибрежных вод г.Владивостока проводилось по данным наблюдений Центра мониторинга загрязнения окружающей среды Примгидромета и институтов ДВО РАН за период 2006 по 2011 гг. Классы качества прибрежных вод г. Владивостока по рассчитанным индексам загрязненности воды представлены в таблице 1 (III класс – умеренно-загрязненные, IV класс – загрязненные, V класс – грязные, VI класс – очень грязные воды).

С 2006 по 2008 гг. наблюдался небольшой рост уровня загрязнения прибрежных вод г. Владивостока нефтяными углеводородами. В бухте Золотой Рог максимальные концентрации НУ превысили ПДК в 14,4–17,6 раза, в бухте Диомид – в 14,8 раза, в проливе Босфор Восточный – в 18,4 раза, в Уссурийском заливе – в 4,2 раза, в Амурском заливе превы-

шение составляло от 6,2 до 28,2 ПДК. В 2009 и 2010 гг. наблюдалось снижение уровня загрязнения во всех рассматриваемых районах, кроме Амурского залива, где сложилась следующая ситуация: в 2009 г. среднегодовая концентрации НУ равнялась 1,4 ПДК, в 2010 г. – 2,6 ПДК, в 2011 г. – 1,5 ПДК. В 2011 г. среднегодовые концентрации НУ составили: в бухте Золотой Рог – 6,2 ПДК, в бухте Диомид – 9,6 ПДК, в проливе Босфор Восточный – 5,8 ПДК, в Амурском заливе – 1,5 ПДК, в Уссурийском заливе – 2 ПДК. При этом было зафиксировано 6 случаев высокого загрязнения нефтяными углеводородами в бухтах Золотой Рог, Диомид и в проливе Босфор Восточный.

Таблица 1. Класс качества прибрежных вод по оценки индекса загрязнения за период 2006–2011 гг.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Амурский залив	III	IV	V	III	IV	III
Бухта Золотой Рог	V	V	VI	V	IV	V
Бухта Диомид	IV	V	V	IV	III	VI
Пролив Босфор Восточный	IV	IV	V	IV	III	V
Уссурийский залив	III	III	IV	IV	III	III

По визуальным наблюдениям поверхность прибрежных вод по-прежнему покрывается нефтяной пленкой разной интенсивности. Процент покрытия акватории бухты Золотой Рог в 2006 г. составил от 40 до 100 с интенсивностью 1-3 балла; в проливе Босфор Восточный – от 41 до 50%; в Амурском заливе – от 71 до 80%. В 2009 г. степень покрытия нефтяной пленкой в бухте Золотой Рог достигла 91-100% с интенсивностью 1–5 баллов, в бухте Диомид от 71% с интенсивностью 1-3 балла. В 2011 г. в бухте Золотой Рог наблюдались нефтяные пятна интенсивностью 1–2 балла с процентом покрытия 91–100, в бухте Диомид – 1–2 балла с процентом покрытия 61–100, в проливе Босфор Восточный – 1 балл с процентом покрытия акватории 41–100, в Амурском заливе – 1 балл с процентом покрытия поверхности воды 51–80 и в Уссурийском заливе – 1 балл при покрытии 51–60% поверхности.

Содержание фенолов в прибрежных водах г. Владивостока в период с 2006 по 2007 гг. увеличилось в бухте Золотой Рог с 2,4 до 3,1 ПДК, в проливе Босфор Восточный – с 1,6 до 2,1 ПДК, в Амурском заливе – с 0,9 до 1,6 ПДК. В бухте Диомид и в Уссурийском заливе среднегодовые

концентрации остались на уровне 2006 г (2,1 и 1,2 ПДК соответственно). В 2008 г. содержание фенолов в прибрежных водах изменялось в диапазоне от 1,4 до 3 ПДК, максимальное значение было зафиксировано в бухте Золотой Рог (9 ПДК). В 2009 г. произошло снижение уровня загрязнения вод фенолами в бухте Золотой Рог и в проливе Босфор Восточный в 1,8 раза (что составило 1,7 и 1,8 ПДК соответственно), в Амурском и Уссурийском заливах в 1,6 раза (1,4 и 1 ПДК соответственно). В бухте Диомид концентрация фенолов с 2008 по 2011 гг. в среднем равнялась 1,8 ПДК, лишь в 2010 г. наблюдалось снижение до 1,1 ПДК. В Уссурийском заливе и проливе Босфор Восточный содержание фенолов за 2010 и 2011 гг. существенно не изменилось и составило 1 и 1,4 ПДК соответственно. В Амурском заливе среднегодовая концентрация фенолов продолжала уменьшаться, и в 2011 г. составила 0,9 ПДК. В бухте Золотой Рог превышение ПДК в 2010 г. составило 2,7 раза, а в 2011 г. – 2,2 раза.

Уровень загрязнения прибрежных вод ртутью постепенно увеличивался: в 2006 г. среднегодовая концентрация во всех районах колебалась в диапазоне 0,3-0,4 ПДК, в 2009 г. в диапазоне 0,4-1 ПДК, в 2010 г. в диапазоне 0,8-1,7 ПДК. В 2010 г. наблюдалось 16 случаев высокого загрязнения морских прибрежных вод ртутью. В 2011 г. уровень загрязнения ртутью во всех рассматриваемых районах снизился.

За рассматриваемый период среднегодовое содержание тяжелых металлов (меди, железа, цинка, свинца, марганца и кадмия) в основном было менее 1 ПДК. В 2006 г. максимальная концентрация меди составляла 4 ПДК в бухте Золотой Рог и проливе Босфор Восточный; максимальная концентрация железа – 10 ПДК в бухте Диомид и 9 ПДК в бухте Золотой Рог и проливе Босфор Восточный; максимальная концентрация цинка – 1,7 ПДК в Уссурийском заливе и 1,5 ПДК в бухте Золотой Рог; максимальная концентрация кадмия – 1,8 ПДК в бухте Золотой Рог и 1,6 ПДК в проливе Босфор Восточный. В 2007 г. зафиксированы максимальные концентрации по меди в проливе Босфор Восточный и в Амурском заливе 1,6 и 1,3 ПДК соответственно; по растворимому железу – в бухте Золотой Рог и в Уссурийском заливе 2 и 2,9 ПДК соответственно; по цинку – в Уссурийском заливе и бухте Золотой Рог 2,4 и 2 ПДК соответственно; по кадмию – в бухте Золотой Рог и проливе Босфор Восточный 1,8 и 1,2 ПДК. В 2008 г. максимальные превышения ПДК отмечались по меди и цинку в бухте Золотой Рог – 4 и 2,5 ПДК соответственно; по растворимому железу и кадмию в Уссурийском заливе – 2,7 и 5 ПДК соответственно. В 2009 г. так же наблюдались случаи превышения 1 ПДК по ТМ в прибрежных водах: по меди – в бухте Золотой Рог и проливе Босфор Восточный в количестве 2 и 1,2 ПДК

соответственно; по цинку – в бухте Золотой Рог (1,7 ПДК), проливе Босфор Восточный (5 ПДК) и в Уссурийском заливе (8,5 ПДК); по растворимому железу – в бухте Золотой Рог (12 ПДК) и в проливе Босфор Восточный (1,1 ПДК); по кадмию – бухте Золотой Рог (2 ПДК), в проливе Босфор Восточный (1,3 ПДК) и в бухте Диомид (2,4 ПДК). В 2011 г. среднегодовые концентрации тяжелых металлов во всех рассматриваемых районах не превысили предельно-допустимых значений.

Кислородный режим в прибрежных водах за рассматриваемый период был удовлетворительным. Среднее содержание растворенного кислорода в толще вод находилось в диапазоне 8,06–9,71 мг/л. Ухудшение, как обычно, отмечалось в летний период года. Так, в 2007 г. было отмечено 35 случаев снижения концентраций растворенного кислорода ниже 6 мг/л (17 случаев в бухте Золотой рог, 8 – в проливе Босфор Восточный, 9 – в Амурском заливе и 1 – в Уссурийском заливе); в 2008 г. – 20 случаев (8 случаев в бухте Золотой Рог, 3 – в проливе Босфор Восточный, 8 – в Амурском заливе, 1 – в бухте Диомид); в 2009 г. – 27 случая (15 – в бухте Золотой Рог, 7 – в Амурском заливе, 4 случая в проливе Босфор Восточный, 1 – в Уссурийском заливе). В 2010 и 2011 гг. впервые за последние 15 лет зафиксированы случаи ухудшения кислородного режима и в осенний период.

По результатам проведенного исследования можно заключить, что, качество прибрежных вод г.Владивостока за рассматриваемый период времени не улучшилось, хотя содержание некоторых загрязняющих веществ в морской воде уменьшилось. Антропогенное воздействие продолжается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Природопользование, состояние и тенденции изменений морской среды прибрежных районов России в Японском море // Информационные ресурсы ТОИ ДВО РАН. Океанография. 2010. Т.11.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ КОСМИЧЕСКОЙ
ПОЛЯРИЗАЦИОННОЙ РАДИОЛОКАЦИИ В ЦЕЛЯХ
ДЕТЕКТИРОВАНИЯ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА
МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ**

Синёва А.А.

*Московский физико-технический
институт (государственный университет)
Институтский пер., д. 9, г. Долгопрудный, 141700, Московская обл.,
+79263563081, sinastasia@gmail.com*

Paper presents the overview of different methods and algorithms of ocean ecological monitoring, in particular oil spill detection and discrimination, using modern polarimetric radiolocation data. The data used in this research were received from RADARSAT-2 and TerraSAR-X satellites.

Доклад посвящен обзору различных методик использования данных современной космической поляризационной радиолокации океана в целях экологического мониторинга, в частности детектирования поверхностных нефтяных загрязнений. Были использованы квадро- и оснополяризационные данные спутников RADARSAT-2 и TerraSAR-X.

В настоящее время всё больше внимания уделяется проблеме детектирования и отслеживания нефтяных пятен на поверхности моря в связи с их влиянием на морскую экосистему, рыболовство и другие социальные области. Радиолокаторы с синтезированной апертурой показали себя действенным инструментом для решения подобного рода задач. Поверхностная шероховатость, ответственная за обратное рассеяние, возникает благодаря мелким гравитационным волнам, генерирующимся ветрами. Нефтяные слики, подавляя эти волны, гасят и обратное рассеяние, проявляясь таким образом на радиолокационных изображениях в виде тёмных пятен. Таким образом, детектирование разливов на морской поверхности может быть проведено с использованием стандартных приёмов обработки изображений [1]. Однако подобным же образом на РЛИ проявляются и другие процессы: апвеллинг, атмосферная конвекция, внутренние волны, штилевые области и т.д., которые могут быть ложно интерпретированы как нефтяные загрязнения.

В настоящее время в эксплуатации находятся одно- (RADARSAT-1), дважды- и квадрополяризационные (RADARSAT-2, TerraSAR-X) PCA. Поляризационные PCA предоставляют дополнительную физическую информацию, непосредственно относящуюся к векторной природе отражённой электромагнитной волны [2]. Физический принцип взаимодействия электромагнитной волны с морской поверхностью заключается в следующем. Излученная поляризованная волна при падении на некоторую поверхность отражается от неё, при этом в отражённой волне присутствует выделенное направление колебания вектора напряженности, иначе говоря, волна оказывается поляризованной. Поверхность моря, как говорилось выше, является шероховатой, то есть состоит, по сути, из огромного числа различно ориентированных элементарных площадок. Вследствие этого сигналы, отражённые от разных элементарных площадок, характеризуются различными поляризационными параметрами, общий же сигнал несёт информацию обо всей сканируемой шероховатой поверхности. Стоит также отметить, что на соосном канале поляризации интенсивность обратного сигнала выше, чем на перекрёстном, в связи с тем, что на перекрёстном канале вклад сигнала, отраженного от каждой элементарной площадки, приводит к ослаблению интенсивности общего сигнала. Таким образом в задачах мониторинга нефтяных пятен предпочтительными являются соосные ВВ и ГГ каналы [3].

При сканировании территории квадрополяризационные PCA, в частности RADARSAT-2, генерируют матрицу рассеяния для каждого пиксела РЛИ, в которой содержится вся информация касательно поляриметрических свойств поля обратного рассеяния исследуемой области. Благодаря векторной природе этого поля, квадрополяризационные измерения могут быть использованы для классификации РЛИ в соответствии с различными механизмами рассеяния [1].

Из матрицы рассеяния путём вычисления матрицы когерентности могут быть получены такие параметры поляризации, как, к примеру, энтропия H (1), анизотропия A (2) и угол поворота плоскости поляризации α (3).

Далее λ_i ($i=1, 2, 3$) – собственные числа матрицы когерентности, а P_i – нормировка собственных чисел: $P_i = \frac{\lambda_i}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3}$, ($i = 1, 2, 3$).

$$H = \sum_{i=1}^3 (-P_i \log_3 P_i) \quad (1) \quad A = \frac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_2 + \lambda_3} \quad (2) \quad \alpha = \sum_{i=1}^3 \alpha_i P_i. \quad (3)$$

В случае морской поверхности, свободной от нефтяной пленки, береговую модель можно считать доминирующим механизмом рассеяния. Эта модель характеризуется низкими значениями энтропии ($0 < H < 0,5$). В области связанных значений A , H и α береговое рассеяние также характеризуется низкими значениями анизотропии и угла α : $\alpha < 0,5$ и $0 < \alpha < 45^\circ$. Однако участки поверхности, покрытые нефтяной пленкой, начинают характеризоваться высокими значениями H , что подразумевает механизм(ы) рассеяния отличные от берегового [3].

Как упоминалось выше, различные поверхностные проявления (штилевые области, биогенные плёнки и т.д.) могут быть ложно интерпретированы как нефтяные пятна. В статье [4] была предложена методика их различения, для чего использовались следующие параметры: поляризационные отношение (ГГ к ВВ каналу) и разность (ВВ минус ГГ канал).

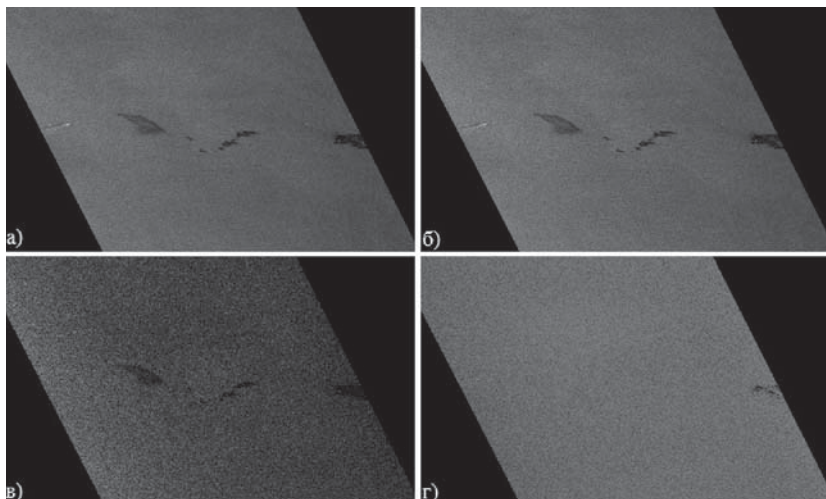


Рис. 1. Фрагменты РЛИ Северного моря в SSC режиме спутника TerraSAR-X от 8 июня 2011 года, 17:11 UTC © DLR 2013

а) ГГ канал; б) ВВ канал; в) поляризационная разность;
г) поляризационное отношение

На рис.1 представлены фрагменты РЛИ (ГГ (1а) и ВВ (1б) каналы) Северного моря в SSC режиме спутника TerraSAR-X от 8 июня 2011 г., 17:11 UTC © DLR 2013, а также результаты расчёта этих параметров. На снимках представлен эксперимент, описанный в работе [5]. Три ви-

димых пятна – это, соответственно, слева направо разливы растительного масла, эмульсии и сырой нефти. Как и ожидалось согласно [4] для поляризационной разности поверхностные разливы отчётливо видны. Однако для поляризационного отношения в правой части изображения наблюдается затемнение в области разлива сырой нефти, что может говорить о наличии здесь механизма рассеяния, отличного от механизмов рассеяния в районе других разливов.

Полученные результаты позволяют утверждать, что использование поляризационной радиолокации и методов сочетания различных поляризационных характеристик может улучшить детектирование и распознавание поверхностных нефтяных загрязнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Zhang B., Perrie W., et al.** Mapping sea surface oil slicks using RADARSAT-2 quad-polarization SAR image //GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, 2011. VOL. 38.
2. **Migliaccio M., Nunziata F., et al.** Polarimetric Synthetic Aperture Radar Utilized to Track Oil Spills / EOS, Transactions American Geophysical Union, 2012. Vol. 93. No. 16. P. 161-168.
3. **Иванов А. Ю., Достовалов М. Ю., Синева А. А.** Определение параметров нефтяных загрязнений по данным космической поляризационной радиолокационной съёмки в районе нефтепромыслов «Нефтяные камни» в Каспийском море. // Исследование Земли из космоса, 2011. №5. С. 31–44.
4. **Kudryavtsev V., Chapron B., Myasoedov A.** On Dual Co-Polarized SAR Measurements of the Ocean Surface //IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2013. Vol. 10. No. 4. P. 761-765.
5. **Skrunes S.,Brekke C., Torbjorn E.** Oil spill characterization with multi-polarization C- and X-band SAR// IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2012. P. 5117–5120.

**АВИАКОСМИЧЕСКИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ
РЫБОПРОМЫСЛОВЫХ РАЙОНОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ ПРИ
ДОБЫЧЕ И ТРАНСПОРТИРОВКЕ УГЛЕВОДОРОДНОГО
СЫРЬЯ**

Забавников В.Б.

*ФГУП «Полярный научно-исследовательский институт морского
рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича»
(ФГУП «ПИНРО»), г. Мурманск, 183038 ул. Книповича, д. 6
телефон: (815)-2-47-25-72, факс: (815)-2-47-33-31,
E-mail: ltei@pinro.ru*

Paper presents main principles and some experience on planning, preparing, organization, and carrying out of aerial-space ecological monitoring in the Barents Sea fisheries areas in conditions of oil and gas extraction and their products transportation. Here is described main remote sensing equipment which can be used for that.

Как показывает многолетняя практика ряда стран, осуществляющих промышленную добычу углеводородного сырья на шельфе морей, одним из важных элементов этого является организация и проведение результативного, надежного и качественного регулярного мониторинга состояния окружающей морской среды. Это обстоятельство приобретает особую значимость, когда подобные крупномасштабные работы осуществляются на акваториях морей, имеющих целый ряд специфических экосистемных особенностей, подобных Баренцеву морю, включая высокую значимость для рыболовства.

Проведенные исследования и анализ имеющихся материалов, накопленные собственные знания и опыт, позволяют говорить о том, что наибольший эффект от регулярного мониторинга состояния морской среды при добыче углеводородного сырья и транспортировке его продуктов может быть получен при условии создания специализированной региональной службы на базе одной или нескольких ведущих научных организаций, имеющих опыт организации и проведения авиакосмического мониторинга моря, который дает возможность максимально оперативно обнаруживать и регистрировать любые аварийные ситуации, реагиро-

вать на их возникновение, а затем быстро, надежно, результативно и качественно устранять их.

Авиакосмический мониторинг морской среды на участках промышленной нефте-газодобычи и транспортировки ее продуктов, как надводным путем судами, так и подводным, по линиям магистральных трубопроводов, включает в себя следующие основные элементы.

1. Спутниковый мониторинг (осуществляется ежедневно):

– с использованием космических аппаратов, оснащенных системами радиолокационного зондирования, обеспечивающими эффективное, надежное, результативное и качественное обнаружение и регистрацию любых видов органических загрязнений, включая нефтяные разливы и пленки независимо от наличия облачности, туманов, дымки, осадков и иных атмосферных явлений. В настоящее время подобная задача может быть решена с использованием ИСЗ ENVISAT, RADARSAT, ERS-2;

– с использованием космических аппаратов, оснащенных многоканальными системами высокого разрешения. Сейчас в основном преобладают подобные ИСЗ на околоземной орбите, занимающиеся исследованиями земной поверхности, поэтому всех их перечислять не имеет смысла. Однако здесь есть существенное ограничение, имеющее особое значение для Баренцева моря, это зависимость от освещенности и атмосферных условий.

2. Авиационный мониторинг (осуществляется при обнаружении и регистрации аварийной ситуации, на основе проведения спутникового мониторинга, любого уровня). Проводится оперативно, и основной задачей его является точное определение ее источников и масштабов, вида и необходимого объема работ по ликвидации аварийной ситуации. Для этих целей используются специально оборудованные самолеты-лаборатории, на борту которых устанавливается и эксплуатируется следующее оборудование:

- системы цифровой фото- и видеосъемки;
- комплекс лазерной локации – лидар;
- радиолокатор с синтезированной апертурой (РСА);
- пассивный микроволновый радиометр.

Следует отметить, что две последние системы авиазондирования являются всепогодными, что имеет особое значение для Баренцева моря. Вся информация в реальных координатах и времени поступает в бортовой компьютер самолета-лаборатории, на борту которого также организована локальная сеть.

В настоящее время ФГУП «ПИНРО» имеет богатый многолетний опыт проведения авиационных мониторинговых исследований, которые

в течение последних пятнадцати лет осуществляются с борта специально оборудованного самолёта Ан-26, получившего условное название «Арктика». Этот вид деятельности, в первую очередь, направлен на выполнение основной задачи, решаемой институтом, которая состоит в проведении рыбохозяйственных исследований. Однако, в течение ряда последних лет ФГУП «ПИНРО» активно привлекается к осуществлению специализированных экологических съёмок, в том числе и с использованием «Арктики», которая имеет следующие основные характеристики:

- максимальная протяжённость маршрута 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 борт-операторов/борт-наблюдателей – 8.

На борту «Арктики» устанавливается и эксплуатируется следующая аппаратура авиазондирования, в том числе и для экологического мониторинга:

- 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;
- 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, локальный участок повышенной концентрации планктона или косяк рыбы и глубина их залегания, а при отсутствии ОН определяется прозрачность вод;
- радиолокатор с синтезированной апертурой (РСА) с длиной электромагнитных волн излучения 4 см (РСА-4) и 23 см (РСА-23) – предназначен для непрерывного получения изображений поверхности моря в полосе обзора не менее 400 м, в зависимости от высоты полёта самолёта, с пространственным разрешением не хуже – 4 м – для РСА-4 и не

хуже 8 м – для РСА-23, на основании которых, после соответствующей интерпретации идентифицируются 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 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 бортнаблюдателями. 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 полностью соответствует основным принципам авиакосмического экологического мониторинга, указанным выше.

В заключении необходимо отметить, что основное достоинство описанного подхода состоит в возможности регулярного мониторинга значительной акватории морской поверхности при минимально возможных финансовых затратах на единицу информации или площадь исследуемой акватории, с высокой степенью надежности, результативности и качества. Как показывают независимые экономические расчеты ряда экспертов даже для ликвидации незначительной аварийной ситуации затраты будут в 3-6 раз выше по сравнению с обеспечением ежегодного авиакосмического мониторинга при условии создания и функционирования специально созданной региональной службы.

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМЫ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА НЕФТЕГАЗОВОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ИМ. Ю. КОРЧАГИНА (СЕВЕРНЫЙ КАСПИЙ)

Ковачев С.А.¹, Лобковский Л.И.¹, Горбунов О.Н.², Крылов А.А.³

¹ *Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,
Нахимовский пр., 36, 117997, г. Москва
8(499)124-13-01, kovachev@ocean.ru*

² *ООО "ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть",
ул. Адмиралтейская, 1, 414000, г. Астрахань,
8(8512)40-28-00*

³ *Московский физико-технический институт,
Институтский пер., 9. 141700, Московская область, г. Долгопрудный*

The geodynamic monitoring system, developed by the P.P. Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, has been installed at the oil and gas platform by Ju. Korchagin of the LUKOIL Company (North Caspian Sea). The system can be used to predict a strong seismic event in the investigated region.

Система геодинамического мониторинга (СГДМ), установленная в июне 2010 г., предназначена для регистрации слабых (микро-) землетрясений тектонической и техногенной природы, а также сильных колебаний и наклонов главной палубы нефтедобывающей платформы (МЛСП) на месторождении им. Ю. Корчагина [1].

Система состоит из трех донных сейсмографов (южного, восточного и западного), установленных на дно Каспийского моря на расстоянии порядка 1 км от платформы. Для передачи цифровой информации сейсмографы связаны донными кабельными линиями с блоком сбора и обработки данных, расположенным на МЛСП им. Ю. Корчагина.

СГДМ непрерывно регистрирует наклоны по крену и дифференту бурового модуля МЛСП и три компоненты его виброускорения с помощью датчиков, расположенных непосредственно на платформе.

В состав датчиков каждого донного сейсмографа входят три сейсмометра (два горизонтальных и один вертикальный) и гидрофон.

В первоначальном варианте донные сейсмографы были установлены на разных расстояниях от МЛСП: восточный – на расстоянии 1 км, за-

падный – на расстоянии 1.5 км, южный – на расстоянии 2 км. На рис. 1 представлены спектры донного сейсмического шума, полученные с помощью гидрофонов СГДМ. На частотах 0.2-0.3 Гц гидрофоны регистрируют волнение моря, здесь наблюдаются близкие значения спектральных составляющих для всех трех точек регистрации. Второй максимум спектра на частотах 0.5-0.6 Гц, по-видимому, связан с шумами самой платформы. Из рис.1 видно, что на расстоянии 1.5 км (западный сейсмограф) уровень сейсмического шума, начиная с этих частот, уменьшается в 5 раз и практически перестает зависеть от расстояния до платформы.

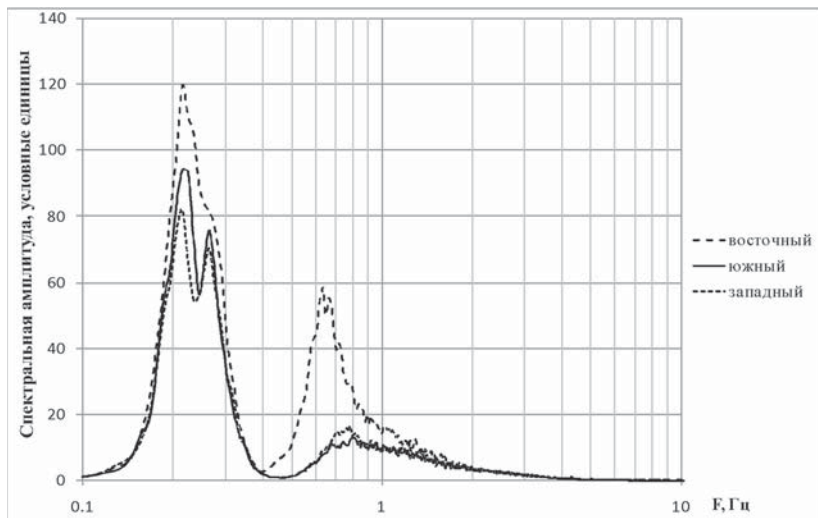


Рис. 1. Спектры сейсмического шума, полученные с помощью СГДМ в районе платформы на месторождении им. Ю.Корчагина

За период работы СГДМ на записях донных сейсмографов обнаружены многочисленные сигналы региональных землетрясений Каспийского моря и его обрамления, вошедших в каталог Геофизической службы РАН (<http://www.ceme.gsras.ru/>).

Землетрясения происходили в радиусе свыше 800 км от МЛСП им. Ю. Корчагина. Их магнитуды (mb) попали в диапазон от 3.2 до 5.5. Очаги землетрясений находились в районе Западного и Восточного Кавказа, в акватории Каспийского моря, Туркменистане и Иране. Записи некоторых из них приведены на рис. 2.

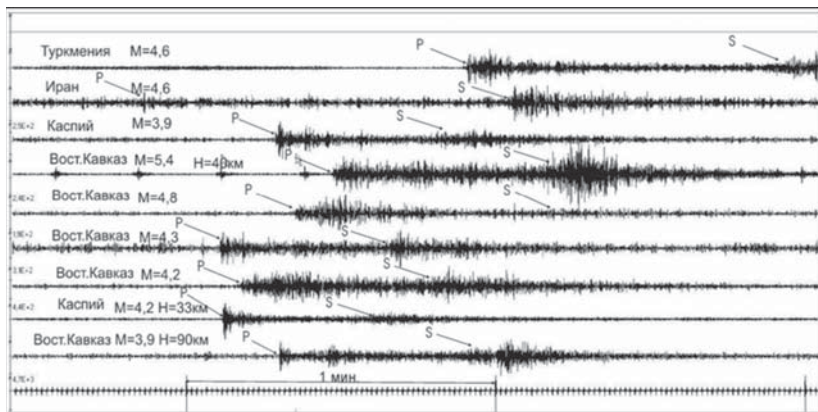


Рис. 2. Примеры записей региональных землетрясений, произошедших в районе Каспийского моря и примыкающих территорий, полученные датчиками СГДМ

В процессе эксплуатации СГДМ выяснилось, что платформа периодически испытывает резкие колебания (рис. 3), с помощью которых можно выполнять сейсмическое просвечивание верхнего слоя осадков. На рис. 3 буквой М отмечен момент начала колебаний платформы, зарегистрированный наклономером, буквами R отмечены моменты прихода поверхностных сейсмических волн Релея на донные сейсмические датчики СГДМ от этих колебаний. Время распространения этих волн от платформы до датчиков составляет порядка 3 с, и, соответственно, скорости волн Релея в осадках составляют 310-320 м/с.

Доминирующая частота в спектре поверхностных волн, распространяющихся в самом верхнем осадочном слое, составляет 3.2 Гц, а, следовательно, длина волны и глубина их проникновения в осадки – приблизительно 90 м.

Методика сейсмического просвечивания верхнего слоя осадков с использованием поверхностных волн, которые периодически возбуждаются резкими колебаниями наклона МЛСП, обеспечила непрерывный мониторинг состояния верхнего осадочного чехла в районе месторождения им. Ю. Корчагина. Скорости поверхностных сейсмических волн сильно зависят от степени загазованности осадков. (Загазованность осадков повсеместно наблюдается в районе Северного Каспия [2,3]). Концентрация газа может увеличиваться в процессе эксплуатации месторождения, привести к выбросам газа и возникновению аварийных ситуаций.

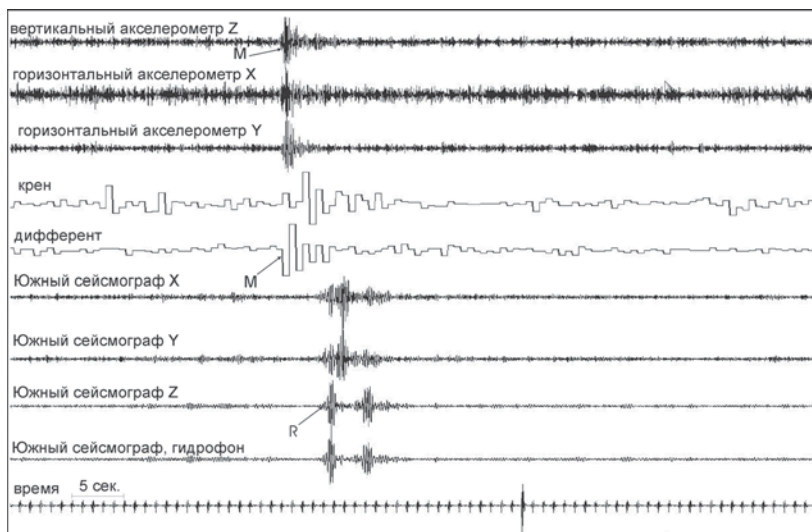


Рис. 3. Запись колебаний платформы, полученная гидрофоном, сейсмоприемниками, акселерометрами и наклономером СГДМ

ЛИТЕРАТУРА

1. **Лобковский Л.И., Ковачев С.А.** Система геодинамического мониторинга морского нефтегазодобычи на шельфе на примере морского нефтегазового месторождения имени Ю. Корчагина // ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ. 2010. №11. С. 11-14.
2. **Безродных Ю.П., Делия С.В., Лисин В.П.** Применение сейсмоакустических и сейсмических методов для изучения газоносности грунтов Северного Каспия // ГЕОЭКОЛОГИЯ. 2001. №5. С. 476-480.
3. **Безродных Ю.П., Делия С.В., Сорокин В.М.** Особенности строения и состав верхней части четвертичной толщи Северного Каспия // Геология океанов и морей. 13 Межд. школа морской геологии. Т.2. М.: ГЕОС. С. 93-94.

«ПОРТРЕТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ»: КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ДИАГНОЗУ И ОЦЕНКЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ

**Есина О.И.¹, Попова Н.В.², Татарников В.О.¹, Радованова И.Г.¹,
Чернышова Н.С.¹, Суслов А.В.¹**

¹ Каспийский морской научно-исследовательский центр,
Ширяева, 14, 414045, г. Астрахань, 8(8512)30-34-70, kaspnmniz@mail.ru

² ООО «Каспийская нефтяная компания»,
пр-т Губернатора А. Гужвина, 10, 414014, г. Астрахань
8(8512)39-56-16, popovaNV@caspoil.com

The article presents the “image of pollution” with oil products (OP) of the marine environment in the Northern Caspian in 2001 – 2009, including the characteristics of temporal and spatial variability of OP concentration in marine water and bottom sediments, the diagnosis of pollution scale (relation of local and background pollution); pollution gradient (origin) and biogeochemical activity.

В докладе представлен новый комплексный подход к оценке загрязнения морской среды акваторий, подверженных антропогенной нагрузке. Данный подход получил развитие в рамках разработки единой системы мониторинга, оценки и нормирования окружающей среды и направлен на повышение эффективности использования данных мониторинга для регулирования антропогенной нагрузки на морские акватории [1,2]. Основным результатом применения подхода является разносторонняя экологическая характеристика исследуемого района, названная «портретом загрязнения». В настоящее время подготовка «портрета загрязнения» осуществляется при обобщении результатов производственного экологического мониторинга в районах поиска, разведки и разработки морских нефтегазовых месторождений в российском секторе недропользования Каспийского моря.

«Портрет загрязнения» морской среды включает:

- характеристику пространственно-временной изменчивости концентрации загрязняющих веществ (ЗВ) в морской воде и донных отложениях;
- диагноз масштаба (соотношения локального и фонового) загрязнения;
- диагноз градиента (происхождения) загрязнения;

– диагноз и оценку биогеохимической активности ЗВ.

Характеристика пространственно-временной изменчивости концентрации ЗВ дается на основе статистического анализа показателей распределения. Особое внимание при этом уделялось оценке вариабельности, фоновой концентрации и локальной изменчивости. За *фоновую* концентрацию принималось значение *медианы*, как статистического параметра, которому более всего свойственна робастность.

Диагноз масштаба (соотношения локального и фонового) загрязнения основан на анализе асимметрии распределения. Считается, что чем больше асимметрия, тем больше вклад локальных процессов в общее загрязнение акватории. При левосторонней асимметрии локальная изменчивость выражается в обеднении среды ЗВ, при правосторонней – в обогащении.

Поскольку основными источниками загрязнения Северного Каспия являются речной сток и адвекция морских вод из Среднего Каспия, особое значение приобретает диагноз происхождения ЗВ (или диагноз *градиента*). Диагноз основан на анализе поведения ЗВ в поле солёности, при этом устойчивое снижение концентрации по мере повышения солёности воды указывает на речное происхождение ЗВ, устойчивое повышение концентрации в том же направлении – на морское происхождение.

Биогеохимическая активность ЗВ играет важную роль в процессах самоочищения воды и находит отражение в ассимиляционной ёмкости акватории. В данной работе активность оценивается на основе сравнительного анализа распределения загрязнителей с распределением консервативного параметра¹, в качестве которого была выбрана солёность воды. Для оценки активности рассчитывали индекс направления активности (IF_S) и индекс уровня активности (IF_M). При этом считалось, что положительным значениям IF_S соответствуют зоны локального обогащения, а отрицательным значениям – зоны локального обеднения вод ЗВ.

В докладе представлен «портрет загрязнения» нефтепродуктами (НП) морской среды на лицензионном участке «Северо-Каспийская площадь» по данным производственного экологического мониторинга, проводившегося в 2001–2009 гг.

Согласно результатам анализа пространственно-временной изменчивости, наиболее высокий уровень загрязнённости морской среды НП, судя по их средней и фоновой концентрации, был характерен для запад-

¹ Распределение консервативного компонента в морской среде зависит исключительно от процессов перемешивания вод и не зависит от химических и биологических процессов, происходящих в морской среде.

ной части лицензионного участка, которая граничит с районом расположения Волго-Каспийского судоходного канала (рис. 1).

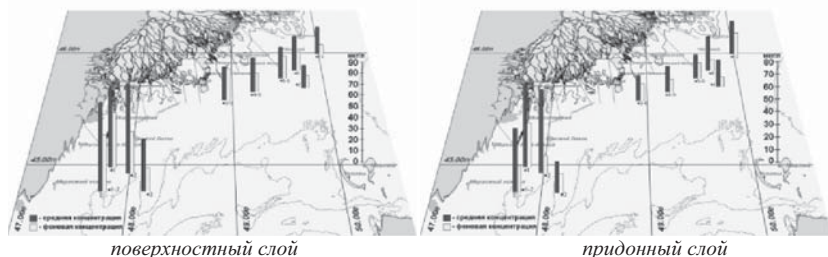


Рис. 1. Пространственное распределение нефтепродуктов в воде (мкг/л) на участке «Северо-Каспийская площадь» в 2001–2009 гг.

Вариабельность концентрации НП на исследуемой акватории оценивалась как высокая и очень высокая. Вклад локальных (*непостоянных*) факторов во *временную* изменчивость загрязнения морской воды НП также оценивался как высокий и очень высокий и на всех станциях выражался в обогащении вод данными ЗВ. Вклад локальных (*местных*) факторов в *пространственную* изменчивость загрязнения воды НП изменялся в широких пределах (от очень низкого до очень высокого), при этом была выявлена его положительная корреляция с солесностью воды.

Согласно результатам диагноза градиента (*определения происхождения*), основным источником поступления НП на акваторию участка «Северо-Каспийская площадь» в 2001–2009 гг. являлся речной сток, при этом содержание НП в воде снижалось по мере роста солесности. Тем не менее, в отдельные годы и сезоны наблюдалась адвекция НП с морскими водами.

По данным наблюдений и расчетов уровень биогеохимической активности НП в водах лицензионного участка «Северо-Каспийская площадь» в 2001–2009 гг. изменялся в пределах от среднего до очень высокого. При этом положительное значение индекса направления активности указывало на преобладание процессов локального обогащения вод НП. Анализ изменчивости биогеохимической активности НП в различных типах вод, характерных для Северного Каспия, выявил некоторые особенности распределения: при солесности менее 2‰ преобладали процессы обеднения, при солесности от 2 до 7‰ и более 9‰ – процессы обогащения вод нефтепродуктами, а при солесности от 7 до 9‰ эти процессы были сбалансированы, но при этом наименее интенсивны.

Заключение. Распределение НП в пространстве и времени на лицензионном участке «Северо-Каспийская площадь» в 2001–2009 гг. носило неоднородный характер. Высокий вклад локальных факторов в загрязнение морской среды НП объясняется непостоянством гидрологических условий, принадлежностью данной акватории к зоне смешения речных и морских вод. Основным источником поступления нефтепродуктов на лицензионный участок являлся речной сток, но при его ослаблении на первое место выходила адвекция нефтепродуктов со стороны моря. В зоне смешения речных и морских вод нефтепродукты легко переходили из воды в другие компоненты среды и обратно в воду. При повышении солености более 2‰ процессы обеднения вод НП уступали место процессам обогащения.

Таким образом, в «портрете загрязнения» морской среды находят свое выражение основные особенности и закономерности распределения и поведения ЗВ в пределах рассматриваемой акватории и интервала времени. В связи с этим, рекомендуется широко использовать данную технологию для оценки экологической обстановки на морских акваториях, подверженных антропогенной нагрузке.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Есина О., Монахов С.** Современное состояние и перспективы развития системы нормирования и оценки загрязнения окружающей среды // Энергетический вестник, 2012. №1 (13), С. 45–52.

2. **Монахов С.К., Курапов А.А., Попова Н.В., Зорникова О.И.** Нормирование, оценка и диагноз загрязнения нефтегазоносных акваторий российских морей (на примере Каспийского моря) // Материалы III Международной научно-практической конференции «Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений» 13–15 октября 2009 г. – Астрахань: КаспНИРХ, 2009. – С. 147–151.

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ, НАХОДЯЩИХСЯ В ХОЗЯЙСТВЕННОМ ПОЛЬЗОВАНИИ

Монахов С.К.¹, Монахова Г.А.²

¹ Каспийский морской научно-исследовательский центр, Ширяева, 14, 414045, г. Астрахань, 8(8512)30-34-70, kaspnmiz@mail.ru

² Дагестанский государственный университет, ул. Дахадаева, 21, 367025, г. Махачкала 8 (8722) 67-46-51, monakhova.galina@mail.ru

It is suggested to use the ensemble of three criteria for the assessment of pollution of water areas used for economic activities: quality assessment (maximum permissible concentration of pollutants as a criterion, C_l); accumulation assessment (background concentration of pollutants as a criterion, C_f); pressure assessment (maximum permissible pressure as a criterion, $\Delta_{lf} = C_l - C_f$). The ensemble method was used to assess the marine pollution in the Russian sector of the Caspian Sea in 2012.

В России и за рубежом для оценки загрязнения водных объектов, в т.ч. морских акваторий, широко используется комплексный подход, предполагающий использование двух и более параметров (многопараметрическая или комбинаторная оценка). Обычно для такой оценки используется один критерий. В России это чаще всего предельно допустимая концентрация (C_l), используемая при расчетах многочисленных индексов загрязнения вод. За рубежом для оценки загрязнения широко применяются и другие критерии: а) фоновая концентрация (C_f), используемая для расчета разнообразных индексов аккумуляции; б) предельно допустимая нагрузка ($\Delta_{lf} = C_l - C_f$), используемая для расчета разнообразных индексов нагрузки. В соответствии с перечисленными критериями комплексную оценку загрязнения можно подразделить на оценку качества (критерий C_l), оценку аккумуляции (критерий C_f) и оценку нагрузки (критерий Δ_{lf}). Цель нашей работы состояла в разработке метода многокритериальной оценки загрязнения морских акваторий, представляющей собой ансамбль из трех названных оценок.

Следует отметить, что фоновая концентрация, используемая для расчетов индексов аккумуляции, представляет собой геохимический фон, значение которого *близко к центру распределения данных*. Мы в качестве геохимической фоновой концентрации используем медиану, как статистический параметр, не зависящий от выбросов на краях распределения. В российской практике термин «фоновая концентрация» применяется также для характеристики нормативного фона, используемого при расчетах предельно допустимых сбросов вредных веществ в водоемы. Значение нормативного фона лежит *далеко от центра распределения*, в области, относящейся к наименее благоприятному периоду (с точки зрения поступления и рассеивания загрязняющих веществ). Поэтому значения нормативного и геохимического фона могут сильно отличаться друг от друга. В нашей работе для оценки аккумуляции мы использовали геохимическую фоновую концентрацию.

На первом этапе многокритериальной оценки загрязнения морских акваторий, находящихся в хозяйственном использовании, рассчитывается численное значение оценки для каждого из критериев (j), загрязняющих веществ (i) и ячеек массивов данных (q), полученных в результате измерений концентрации загрязняющих веществ одновременно в различных пунктах наблюдений или в одном пункте в различные периоды времени.

Численное значение оценки качества (E_j), критерием которой является предельно допустимая концентрация (C_l) рассчитывается по формуле (1):

$$E_{liq} = C_i / C_l. \quad (1)$$

Численное значение оценки аккумуляции (E_f), критерием которой является предельно допустимая концентрация (C_f) рассчитывается по формуле (2):

$$E_{fiq} = C_i / C_f. \quad (2)$$

Численное значение оценки нагрузки (E_p), критерием которой является предельно допустимая нагрузка ($\Delta_{lf} = C_l - C_f$) рассчитывается по формуле (3):

$$E_{piq} = C_i - C_f / C_l - C_f. \quad (3)$$

На следующем этапе оценки загрязнения усредняются по всему массиву данных, но для каждого загрязняющего вещества в отдельности. При этом оценка загрязнения E_{li} рассчитывается как среднее геометрическое ряда E_{liq} , оценка аккумуляции E_{fi} – как среднее геометрическое ряда E_{fiq} , оценка нагрузки E_{pi} – как среднее геометрическое ряда E_{piq} .

Для того, чтобы оценки (E_{ji}), полученные с использованием различных критериев, были сопоставимы друг с другом, они переводятся в баллы с помощью единой шкалы, приведенной в табл. 1 и на рис. 1.

Таблица 1. Единая шкала для перевода средних численных значений однокритериальных оценок (E_{ji}) в баллы

Оценка в баллах	Оценка качества, E_{li}	Оценка аккумуляции, E_{fi}	Оценка нагрузки E_{pi}	
			При $C_l > C_f$	При $C_l < C_f$
0	$E_{li} \leq 1,0$	$E_{fi} \leq 2,0$	$E_{pi} \leq 0$	$E_{pi} \geq 1,0$
1	$1,0 < E_{li} \leq 2,0$	$2,0 < E_{fi} \leq 3,0$	$0 < E_{pi} \leq 1,0$	$0 \leq E_{pi} < 1,0$
2	$2,0 < E_{li} \leq 3,0$	$3,0 < E_{fi} \leq 4,0$	$1,0 < E_{pi} \leq 2,0$	$-1,0 \leq E_{pi} < 0$
3	$3,0 < E_{li} \leq 5,0$	$4,0 < E_{fi} \leq 5,0$	$2,0 < E_{pi} \leq 3,0$	$-2,0 \leq E_{pi} < -1,0$
4	$E_{li} > 5,0$	$E_{fi} > 5,0$	$E_{pi} > 3,0$	$E_{pi} < -2,0$

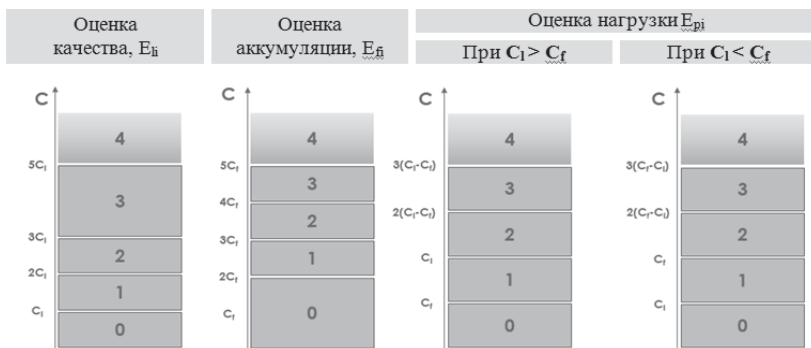


Рис. 1 Иллюстрация единой шкалы для перевода численных значений однокритериальных оценок (E_{pi}) в баллы, обозначенные цифрами, расположенными справа от осей концентрации (C), разбитых на характерные отрезки в зависимости от критерия оценки

Следующей операцией является расчет многокритериальной средней оценки загрязнения акватории каждым из загрязняющих веществ в отдельности (E_{ki}), в ходе которого различные оценки (качества, аккумуляции и нагрузки), выраженные в баллах, складываются и делятся на число использованных критериев. На завершающей стадии однопараметрические многокритериальные оценки E_{ki} преобразуется путем усреднения в многопараметрическую многокритериальную оценку E_{kn} . Результаты расчетов используются для классификации и описания загрязнения морских акваторий в соответствии с табл. 2.

Особенностью и достоинством данного метода является то, что он позволяет сделать не только синтетическую, но и аналитическую оцен-

ку загрязнения морских акваторий, акваторий, что очень важно для тех из них, которые находятся в хозяйственном пользовании. При этом синтетическая оценка проводится в соответствии с рассчитанным значением E_{kn} , а для аналитической оценки используется матрица, число строк которой соответствует количеству ЗВ, а число столбцов равно числу оценок, включенных в ансамбль и дополненных ансамблевой оценкой E_{k1} . Примером такой матрицы является табл. 3, в которой приведены результаты ансамблевой оценки загрязнения морской воды в мелководной зоне устьевоего взморья Волги осенью 2012 года.

Таблица 2. Классификация загрязнения морских акваторий в соответствии ансамблевой оценкой

Класс загрязнения	Вербальная оценка	Численная оценка
Первый	Чистая (Ч)	менее и равно 0,50
Второй	Умеренно загрязненная (УЗ)	от 0,51 до 1,50
Третий	Загрязненная (З)	от 1,51 до 2,50
Четвертый	Грязная (Гр)	от 2,51 до 3,50
Пятый	Очень грязная (ОГр)	более и равно 3,51

Для полноты анализа и оценки загрязнения морской воды мы рекомендуем представлять каждую из оценок в трех видах: 1) $E_1 = E/n$; 2) $E_2 = E/N$; 3) $E_3 = E_{\max}$, где n – общее число показателей загрязнения (загрязняющих веществ); N – число показателей загрязнения, у которых $E > 0$; $E_{\max}$ – максимальное значение E . Оценку E_1 (E_{kn}) мы предлагаем именовать обобщенной, оценку E_2 – приоритетной, а оценку E_3 – экстремальной.

Тогда результаты оценки загрязнения морской воды (E_k), приведенные в табл. 3, можно трактовать следующим образом: В соответствии с обобщенной ансамблевой оценкой (по комплексу показателей, в состав которого входят 9 загрязняющих веществ) морская вода на взморье Волги осенью 2012 г. оценивалась как умеренно загрязненная ($E_{k1} = 0,70$). Критериям, установленным для оценки загрязнения, не соответствовало содержание 8 загрязняющих веществ, при этом согласно приоритетной ансамблевой оценке вода также оценивалась как умеренно загрязненная ($E_{k2} = 0,79$). Из всех ЗВ, самый высокий уровень загрязнения был установлен у цинка и железа ($E_{k3} = 1,33$), но и в соответствии с экстремальной ансамблевой оценкой вода также оценивалась как умеренно загрязненная.

Таблица 3. Результаты ансамблевой оценки загрязнения морской воды в мелководной зоне устьевого взморья Волги осенью 2012 г.

Показатель загрязнения	Оценки загрязнения			
	Оценка качества E_1	Оценка аккумуляции E_f	Оценка нагрузки E_p	Ансамблевая оценка E_k
БПК	1	0	1	0,67
N аммонийный	0	0	1	0,33
Нефтепродукты	1	0	1	0,67
Железо	3	0	1	1,33
Цинк	0	0	1	0,33
Никель	3	0	1	1,33
Медь	1	0	1	0,67
Свинец	0	1	2	1,00
Кадмий	0	0	0	0,00
E_1	1,0	0,1	1,0	0,70
E_2	1,8	1,0	1,1	0,79
E_3	3,0	1,0	2,0	1,33

Важно, что матричное представление ансамблевой оценки загрязнения морской воды позволяет дифференцировать ее не только по отдельным показателям и их группам, но и по отдельным видам оценки с использованием единой шкалы. Например, оценка загрязнения рассматриваемой акватории по допустимой нагрузке выглядит следующим образом: В соответствии с обобщенной оценкой нагрузки (по комплексу показателей, в состав которого входят 9 загрязняющих веществ) морская вода на взморье Волги осенью 2012 г. оценивалась как умеренно загрязненная ($E_{p1}= 1,0$). Критериям, установленным для оценки нагрузки, не соответствовало содержание 8 загрязняющих веществ, но согласно приоритетной оценке нагрузки вода также оценивалась как умеренно загрязненная ($E_{p2}= 1,1$). Самый высокий уровень нагрузки из всех ЗВ был установлен у свинца ($E_{p3}= 2,0$), в соответствии с экстремальной оценкой нагрузки вода оценивалась как загрязненная.

Матричное представление ансамблевой оценки загрязнения морской воды облегчает сравнение различных оценок, общее число которых равно произведению числа столбцов на число строк матрицы. В некоторых случаях результаты сравнительного анализа имеют существенное значение для определения причин загрязнения вод и разработки мер по охране морской среды от загрязнения. Таковым мы считаем сравнение оценки качества с оценкой аккумуляции. Так, при $E_1 > E_f$ основной

вклад в загрязнение данной акватории вносят внешние по отношению к ней источники (в нашем случае это относится к БПК, нефтепродуктам, железу, никелю и меди, см. табл. 3). Наоборот, при $E_I < E_f$ основной вклад в загрязнение вносят местные источники (в нашем случае это относится к свинцу, см. табл. 3). Интересно, что действие местных источников в этом случае таково, что нагрузка на рассматриваемую акваторию по свинцу существенно превышает допустимый уровень.

Особенностью предложенного метода ансамблевой оценки загрязнения морских вод является использование исключительно химических показателей, причем только тех из них, для которых установлена ПДК. Это связано с тем, что в состав ансамбля включена оценка качества вод, критерием для которой является ПДК. В настоящее время в России не нормируется концентрация загрязняющих веществ в донных отложениях. Но при использовании зарубежных ПДК ансамблевый метод вполне применим к оценке загрязнения донных отложений. Объединение оценки загрязнения воды с оценкой загрязнения донных отложений следует рассматривать как оценку загрязнения морской среды, морских акваторий в целом.

В данной работе метод ансамблевой оценки загрязнения морских акваторий изложен в усовершенствованном виде. Суть усовершенствования состояла в развитии его аналитических возможностей. В прежнем варианте данный метод уже использовался для обобщения результатов государственного и производственного экологического мониторинга российского сектора недропользования Каспийского моря. Авторы выражают надежду, что теперь, после усовершенствования, он получит более широкое распространение.

VIII. ДОКЛАДЫ, НЕ ВОШЕДШИЕ В ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ

УДК 57.084.2

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗООПЛАНКТОНА

Анисимова Л.А.¹, Соколова А.М.², Мельникова В.А.²

¹Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 107140, г. Москва, В. Красносельская, 17, +7(499) 264-87-92, lusya.anisimova@gmail.com

²Биологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, 119234, Россия, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12 invertebrata2014@gmail.com, psy.meds@gmail.com

The spectrophotometric technique was applied for investigation of *Cyclops* and *Daphnia* absorption. It was shown that the absorption spectra of zooplankton has maximum wavelength of about 450-460 nm.

Исследованию спектральных характеристик зоопланктона уделялось не очень много внимания. Можно выделить две позиции, с которых рассматривалась и изучалась данная проблема. Во-первых, прозрачность организмов изучалась как средство маскировки животных от хищников, обеспечивающее степень выживания популяций планктонных организмов [1]. Во-вторых, оптические характеристики зоопланктона исследовались при создании счётчика планктонных организмов [2]. В рамках данной работы спектральные характеристики зоопланктона изучались для подтверждения выбора участка светового спектра выходного сигнала фотоприёмника при разработке и усовершенствовании счётчика планктонных организмов.

Исследования прозрачности зоопланктона производились на оз. Кроноцкое (восточная Камчатка). Доминирующими видами в зоопланктонном сообществе озера являются ракообразные *Cyclops scutifer*, *Neutrodiaptomus angustilobus* (Copepoda) и *Daphnia* sp. (Cladocera).

Сбор проб на озере проводили с помощью сети Джеди (диаметр 20 см; газ 72). Измерение оптической плотности ракообразных осуществляли с помощью спектрофотометра Jenway 715. Сканирование проводилось в диапазоне от 300 до 800 нм с шагом 1 нм.

На первом этапе исследования выполнено сканирование разных групп ракообразных, сконцентрированных в растворе воды (рис. 1). На графике выделяется пик при длине волны $\lambda = 450$ нм. Величина пика незначительная $\delta d \sim 0.1$. На спектрограмме отмечены небольшие пики в районе 380 и 540 нм, которые можно идентифицировать как шум от прочих объектов, присутствовавших в воде.

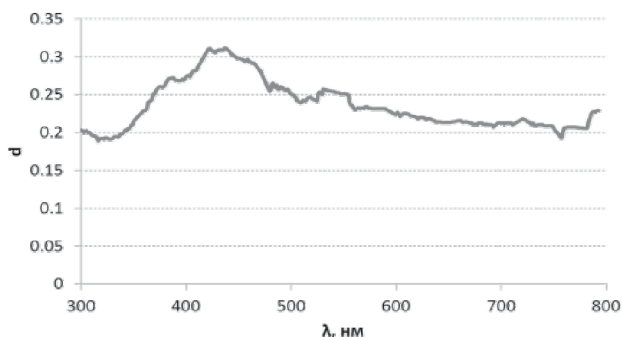


Рис. 1. Оптическая плотность разных групп ракообразных

Для дальнейших экспериментов из живой пробы иголкой отбирались зоопланктонные организмы. Спектрофотометрические измерения проведены для *Daphnia sp* и *Cyclops scutifer*, как для наиболее массовых видов на момент исследования. Для этого зоопланктонные организмы выкладывались на предметное стекло. Проведено два типа экспериментов с применением адгезивного агента и без него. В первой серии организмы выкладывали на стекло, покрытое сахарным сиропом (для их фиксации), во втором – на стекло без сахарного сиропа. Обнуление прибора при этом производилось соответственно по стеклу с сахарным сиропом или без него.

Результаты экспериментов по сканированию дафний, зафиксированных сахарным сиропом, представлены на рис. 2. Отмечен явно выраженный пик при длине волны λ от 440 до 453 нм (средняя величина 448 нм). Величина пика изменялась в диапазоне от 0.2 до 0.4. Дополнительные пики на спектрограммах отсутствовали.

Графики, построенные по результатам сканирования дафний, выложенных на стекло со слоем сахарного сиропа и без него, отличаются смещением по оси ординат (рис. 3); отмечен пик при длине волны $\lambda = 450$ нм. В случае применения сахарного сиропа в качестве прикре-

питательной жидкости величина пика оказалась выше. Это может быть связано со значительно более низкой подвижностью ракообразных в плотной среде.

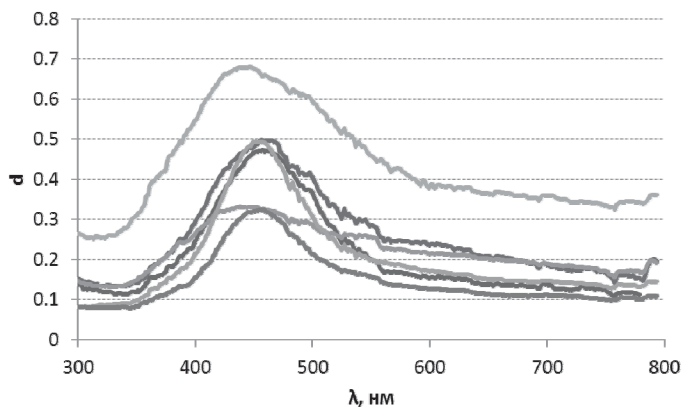


Рис. 2. Оптические плотности разных слоёв дафний

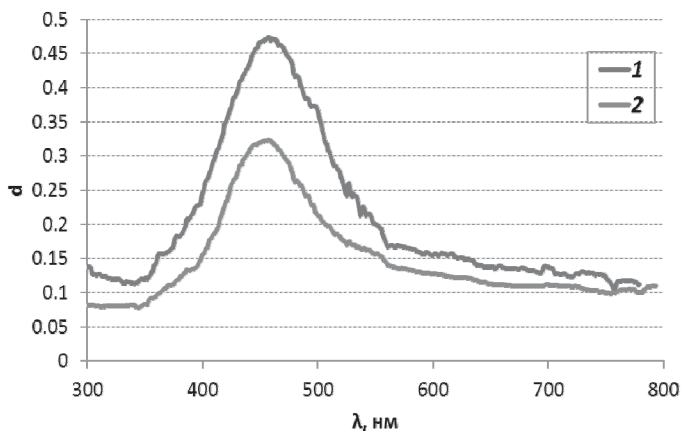


Рис. 3. Слой дафний на сиропе (1) и на воде (2)

Поскольку яйца дафний очень пигментированы, проведена проверка влияния количества пигмента на спектральные характеристики. Однако получен тот же пик в районе 450 нм.

Следующей серией экспериментов исследовано влияние плотности распределения организмов (рис. 4). В первом случае организмы на стекле выкладывались очень плотно (100 %-ное покрытие стекла). Во втором случае – более дисперсно: расстояние между организмами сопоставимо с размером самих организмов (50 %-ное покрытие стекла). В третьем случае все организмы собраны в один плотный комок. Как и в предыдущих экспериментах пик отмечен около 450 нм, амплитуда оказалась одинаковой для экспериментов с 100% и 50% покрытием и резко возрастала при расположении организмов в виде плотного комка.

Результаты проведения серии экспериментов с дафниями показывают стабильность пика в области длины волны $\lambda = 450$ нм. При этом расположение пика не зависит ни от количества сканируемых организмов, ни от их стадии, ни от состояния стекла (с сахарным сиропом или без него). При изменении всех этих условий отмечены различия в абсолютной величине оптической плотности.

На следующем этапе производилось сканирование циклопов. Эти организмы выкладывали на стекло (без сахарного сиропа). По результатам сканирования плотно разложенных на стекле организмов отмечен пик в области длины волны $\lambda = 455$ нм (рис. 4).

Проведены измерения оптической плотности отдельно взятого циклопа, для которого наблюдается пик в области длины волны $\lambda = 460$ нм. Таким образом, для циклопов отмечен стабильный пик величины оптической плотности в области длины волны $\lambda = 455$ нм вне зависимости от плотности расположения организмов на стекле.

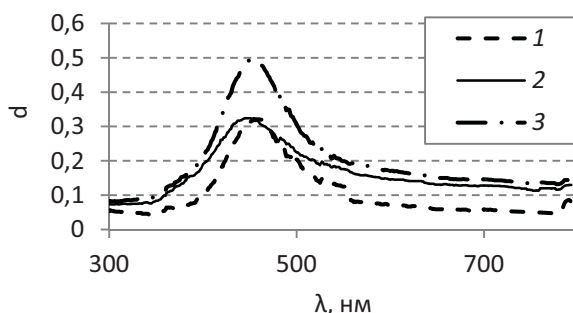


Рис. 4. Оптические плотности дафний: 1 – монослой со 100 %-ным покрытием стекла, 2 – монослой с 50 %-ным покрытием стекла, 3 – плотный комок дафний

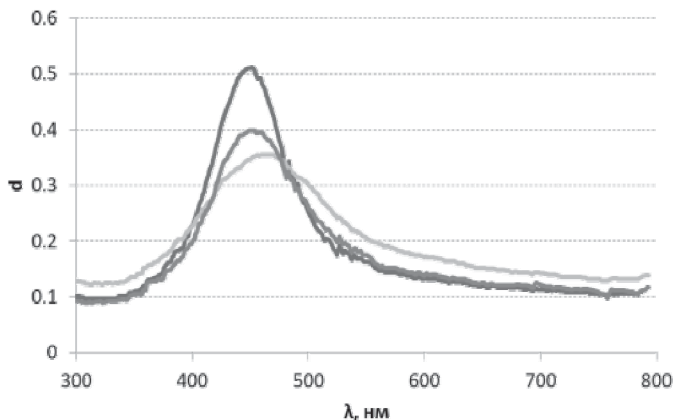


Рис. 4. Оптическая плотность циклопов

Вне зависимости от систематической группы пресноводный зоопланктон образует пик в области длины волны 450–460 нм. Данный пик не зависит от физиологического состояния. Высота пика варьирует в зависимости от подвижности организмов и плотности расположения организмов на стекле. Амплитуда изменения для однослойного расположения организмов составляет 0.15–0.20, при многослойном расположении организмов возрастает как минимум в 2 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Грезе В.Н.** Определение прозрачности планктонных организмов и её защитное значение // Доклады Академии наук СССР. 1963. т. 151. №2. с.435-438.
2. **Левашов Д.Е.** Инструментальный метод оценки размерно-количественных характеристик мезопланктона «in situ» // Рыбохозяйственные исследования планктона. М.: ВНИРО.С.154-159.

СУДОВОЙ ЛИДАР ДЛЯ МОНИТОРИНГА МОРСКИХ ГИДРОБИОНТОВ

Гольдин Ю.А.¹, Черноок В.И.², Гуреев Б.А.¹, Васильев А.Н.²

¹ *Институт океанологии им. П.П. Шишова РАН
Нахимовский пр., 36, 117997, г. Москва, Россия,
8(499)129-27-81, goldin@ocean.ru*

² *Научно-исследовательский институт “Гипрорыбфлот”
ул. Малая Морская, 18/20, 190000, г. Санкт-Петербург, Россия
8(901)304-84-19, chernook@grf.spb.ru*

A new ship lidar was developed for fisheries surveys. It can be used at carrying out oceanological and environmental research. The main feature of new lidar is the combination of polarized and spectral channels. The lidar block-diagram and technical specifications are presented.

Эффективность использования лидарной съемки при проведении комплексных исследований, выполняемых в морских акваториях в интересах промысловой океанологии, продемонстрирована в целом ряде работ [1–4]. Показана возможность использования лидара для обнаружения рыбных косяков, располагающихся в приповерхностном слое воды, и получения целого ряда количественных оценок (пространственные размеры, положение, численность, средняя плотность косяков, величина биомассы), для определения характеристик пространственного распределения и оценки концентрации фито-, зоо- и ихтио-планктона, для определения прозрачности морской воды, регистрации положения фронтальных зон и слоев повышенной мутности, оценки загрязнений морских акваторий и выполнения батиметрической съемки мелководных акваторий.

С учетом имеющегося опыта [3–6] создан новый судовой лидар, предназначенный для мониторинга морских гидробионтов (СЛМГ). Он может быть использован также для экологических и океанологических исследований.

Основная особенность СЛМГ, отличающая его от известных океанологических лидаров – совмещение поляризационных и спектральных каналов. Зондирование производится линейно поляризованным лазерным

импульсом с длиной волны $\lambda_3=532$ нм. Регистрируются две поляризованные компоненты эхо-сигнала (ко- и кросс-поляризованная) на несмещенной частоте и три спектральных компонента на длинах волн, соответствующих максимумам линии флуоресценции хлорофилла-а $\lambda_{\text{ХЛ}}=685$ нм и комбинационного рассеяния (КР) $\lambda_{\text{КР}}=651$ нм (КР от зондирующего излучения на $\lambda_3=532$ нм), а также на длине волны $\lambda_{\text{П}}=610$ нм. Величина интенсивности излучения на $\lambda_{\text{П}}=610$ нм используется для оценки величины пьедестала, формируемого крылом линии флуоресценции растворенного органического вещества.

В СЛМГ используются две методики обработки эхо-сигнала. Первая связана с анализом временной зависимости степени поляризации эхо-сигнала, обеспечивающим возможность получения вертикальных профилей гидрооптических характеристик, а также обнаружения и определения глубины различного рода неоднородностей в толще морской воды [5,6]. Вторая использует спектральный анализ эхо-сигнала [7], позволяющий обнаруживать и определять характеристики скоплений фитопланктона в приповерхностном слое морской воды.

Совмещение поляризационного и спектрального каналов увеличивает информативность лидарных измерений и возможности идентификации регистрируемых объектов.

Функциональная схема СЛМГ показана на рис. 1. В составе лидара палубный модуль (А) с оптическим блоком (В) и лабораторный модуль (С).

В качестве источника зондирующего излучения используется твердотельный импульсный лазер ИЛТИ-12-40 на АИГ: Nd^{3+} с модуляцией добротности и преобразованием излучения во вторую гармонику. В составе лазера лазерный излучатель (2), блок управления электронным затвором (3) и блок обеспечения работы излучателя (4). Диаграмма направленности лазерного пучка формируется двухпозиционным оптическим устройством (1).

Фотоприемные устройства (ФПУ) поляризационных (7,8) и спектральных (9-11) каналов выполнены на базе ФЭУ-115М. В качестве приёмной оптической системы канала, принимающего кополяризованную компоненту эхо-сигнала, использован зеркальный объектив ЗС МТО-5А, канала, принимающего кросс-поляризованную компоненту – зеркальный объектив МС МТО-11СА. Фоновое излучение отсекается интерференционными светофильтрами. Поляризационная селекция осуществляется с помощью пленочных поляроидов. Эффективная апертура приемных оптических систем дистанционно регулируется специальными устройствами (5-6).

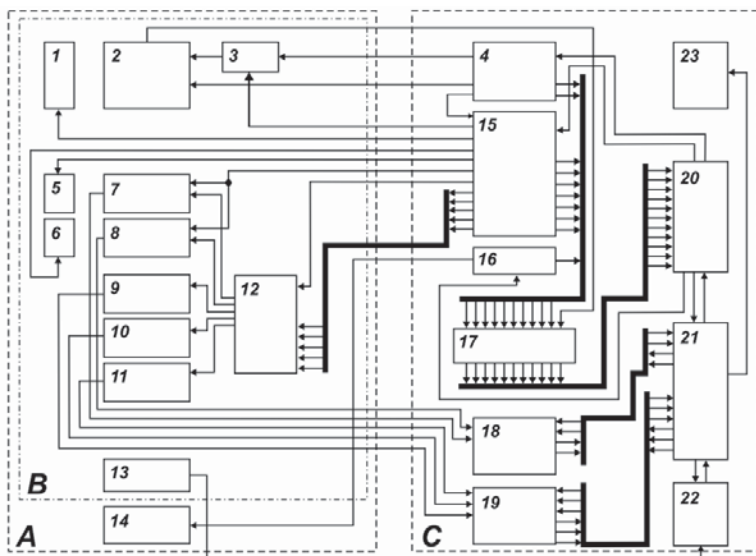


Рис. 1. Функциональная схема СЛИММ

В качестве приемной оптической системы спектрального канала используется зеркальный объектив МС МТО-11СА. Спектральная селекция осуществляется с использованием комбинации дихроичных диэлектрических зеркал, неселективных плоских зеркал и интерференционных фильтров, обеспечивающей минимально возможные потери сигнала на каждой из регистрируемых длин волн.

Питание всех ФЭУ осуществляется от пятиканального стабилизированного источника высоковольтного напряжения (12).

Сигналы с ФПУ оцифровываются многоканальным широкополосным АЦП (18,19) и поступают на вход ПК (21).

В составе лидача также блоки управления (15,16), АЦП для оцифровки служебной информации (17), устройство регулирования угла зондирования (14), ПК для управления лидаром и регистрации служебной информации (20), видеокамера (13) с ПК (22) для регистрации изображения поверхности и блок сопряжения с судовой сетью (23).

Основные технические характеристики лидача СЛИМГ: длина волны зондирующего излучения – 532 нм; энергия зондирующего импульса – 40 мДж; длительность зондирующего импульса по уровню 0,5 – 7 нс; расходимость зондирующего пучка по уровню 90% энергии (регулиру-

ется) – 5 млрд или 30 млрд; частота повторения зондирующих импульсов (регулируется) – (10–30) Гц; длина волны регистрации поляризованных компонент эхо-сигнала – 532 нм; длина волны регистрации спектральных компонент эхо-сигнала – 685, 651 и 610 нм; световой диаметр приемной оптической системы первого поляризационного канала – 63 мм; световой диаметр приемной оптической системы второго поляризационного канала – 100 мм; световой диаметр приемной оптической системы спектрального канала – 100 мм; диапазон изменения угла зондирования относительно вертикали – (10–50) град; питание от однофазной сети 220 В, 50 Гц; потребляемая электрическая мощность – 1,2 кВт.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Churnside J.H., Wilson J.J., and Tatarskii V.V.** Airborne lidar for fisheries applications // *Optical Engineering*. 2001. V.40. P.406-414.
2. **Reese D.C., O'Malley R.T., Brodeur R.D., and Churnside J.H.** Epi-pelagic fish distributions in relation to thermal fronts in coastal upwelling system using high-resolution remote-sensing techniques. // *ICES Journal of Marine Science*. 2011. V. 68 (9). P. 1865 – 1874.
3. **Chernook V., Lisovsky A., Vasilev A., Goldin Yu. and Zabavnikov V.** Lidar signals identification during aerial surveys of pelagic fishes // *International Symposium on Ecosystem Approach with Fisheries Acoustics and Complementary Technologies (SEAFACETS)*. Bergen, Norway, 16-20 June 2008. Book of Abstracts. P.45.
4. **Goldin Y.A., Vasilev A.N., Lisovskiy A.S., Chernook V.I.** Results of Barents Sea airborne lidar survey // *Proc. SPIE*. Vol.6615. 66150E (Apr.13, 2007) (11 pages)
5. **Vasilkov A. P., Goldin Yu. A., Gureev B. A., Hoge F. E., Swift R. N., and Wright C. W.** Airborne polarized lidar detection of scattering layers in the ocean // *Appl. Opt.* 2001. V. 40. P. 4353-4364.
6. **Гольдин Ю.А., Гуреев Б.А., Венцкут Ю.И.** Поляризационный лидар для зондирования толщи океанских вод с борта судна // В кн. «Комплексные исследования Мирового океана – проект «Меридиан», Атлантический океан». Изд. «Наука». М. 2008. С. 179-188.
7. **Фадеев В.В.** Дистанционное лазерное зондирование фотосинтезирующих организмов // *Квантовая электроника*. 1978. Т.5. №10. С. 920–927.

ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНЫХ МАСС АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ С ПОМОЩЬЮ ОТРЫВНЫХ ЗОНДИРУЮЩИХ СИСТЕМ

Моисеев Д.В., Бобров К.А.

*Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН,
ул. Владимирская, 17, 183010, г. Мурманск,
8(8152)23-07-62, denis_moiseev@mmbi.info*

Advantages of XBT/XCTD deploy during accompanying oceanographic observations in MMBI expeditions along North Sea Route and in the other areas of the Arctic Seas are considered in this talk.

В докладе рассматриваются преимущества использования отрывных зондирующих систем в практике попутных гидрологических наблюдений в экспедициях ММБИ по трассе Севморпути и в других районах Арктических морей.

С 1996 г. Мурманский морской биологический институт (ММБИ) проводит попутные наблюдения по трассе Севморпути с борта атомных и дизель-электрических ледоколов, судов ледового класса. До 2012 г. гидрологические наблюдения на ходу осуществлялись с помощью отбора проб воды ведром на веревке из поверхностного слоя. Измерялась температура воды поверхностным термометром, отбиралась проба на определение солености. Только на случайных стоянках при благоприятных ледовых условиях была редкая возможность провести СТД-зондирование водной толщи от поверхности до дна с помощью профилографов SEACAT SBE19 или ME [3, 4].

В практике судовых высокоширотных экспедиций широко используются отрывные одноразовые зонды. Наблюдения с помощью данных приборов можно производить в отсутствии специально оборудованного рабочего места без остановки судна, т.е. с минимальными потерями судового времени [1,2]. Различают отрывные батитермографы ХВТ (eXpendable BathyThermograph) и отрывные батитермосалинографы XCTD (eXpendable Conductivity, Temperature, Depth profiler).

Измерительный комплекс ХВТ состоит из системы сбора данных (ноутбук и конвертор), располагающейся на борту судна, и приспособления для запуска теряемого датчика температуры, который измеряет

температуру воды в ходе свободного падения. Падающий датчик связан с системой сбора данных тонкой проводящей проволокой (0.15 мм), используемой для передачи измерений в реальном масштабе времени. Глубина, на которой проводится измерение, вычисляется по времени падения датчика с использованием хорошо калиброванного уравнения падения [4]. В комплекс ХСТД входят бортовая система сбора данных, пусковое устройство и теряемый зонд, в котором размещены электроника, датчики температуры и электропроводимости. Проводимость измеряется с помощью индуктивной ячейки, которая обнаруживает наведенную электродвижущую силу (ЭДС) в тороиде в связи с условиями морской воды. Температура измеряется путем измерения изменения сопротивления в термисторе. Передача данных измерений в систему сбора данных также осуществляется в реальном масштабе времени по тонкой проволоке, связывающей зонд с судном. Глубина измерений определяется по времени, прошедшему с момента выпуска зонда, с точностью лучше 5 м [4].

В состав отрывной зондирующей системы ММБИ входят следующие компоненты:

1. Комплект ХВТ и ХСТД нескольких моделей (для различных глубин и скоростей движения судна) фирмы Tsurumi Seiki Co. Ltd.

2. Система приема данных от отрывных зондов МК-150 фирмы Tsurumi Seiki Co. Ltd.

3. Ручной пускатель отрывных зондов LM-3А с кабелем длиной 15 м фирмы Lockheed Martin Corp.

4. Защищенный ноутбук для приема и хранения данных от отрывных зондирующих систем Panasonic Toughbook 31.

Сначала в 2011 г. система была протестирована с борта НИС "Дальние Зеленцы" в Кольском заливе. Затем, с марта 2012 г. стала регулярно использоваться с борта судов ледового класса, принадлежащих компании "Норильский никель" и курсирующих по маршруту Мурманск-Дудинка-Мурманск (иногда с заходом в Архангельск). В результате получены уникальные данные о термохалинной структуре водных масс Баренцева, Белого и Карского морей в ледовый период. В частности были проведены зондирования в Карском море в период аномально низкой ледовитости в марте, мае 2012 г.

В ноябре 2012 г. в комплексной экспедиции ММБИ на НИС "Дальние Зеленцы" на вековом разрезе "Кольский меридиан" с помощью отрывных зондов были сделаны промежуточные станции для определения точного местоположения полярного фронта.

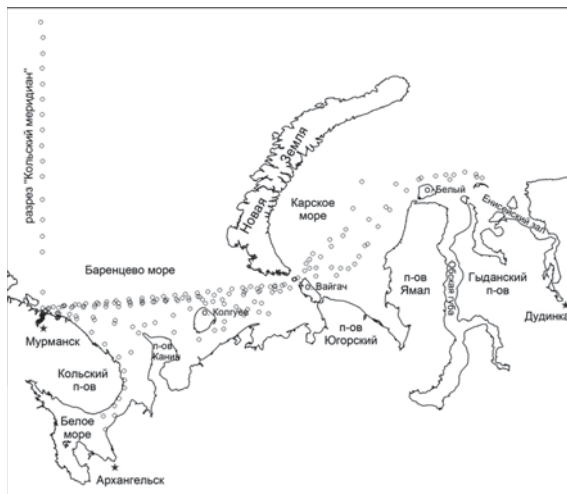


Рис. 1. Станции ХВТ/ХСТД зондирования ММБИ в 2012-2013 гг.

Всего в 2012-2013 гг. в экспедициях ММБИ было сделано свыше 200 ХВТ/ХСТД зондирований.

Таким образом, к основным преимуществам использования отрывных зондирующих систем можно отнести следующие:

- получение на регулярной основе гидрологических данных с борта попутных судов из труднодоступных районов Арктики;
- производство дополнительных зондирований водной толщи во время переходов в ходе комплексных экспедиций для уточнения особенностей термохалинной структуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Коровин В.П.** Зарубежные технические средства в океанологии. СПб.: РГГМИ, 1994. – 196 с.
2. **Кузьмин С.Б., Ипатов А.Ю.** Современные приборы и технологии наблюдения за гидрологическими условиями в Северном Ледовитом океане. // Океанография и морской лед. – М.: Paulsen, 2011. С. 7-22.
3. **Биология и океанография Северного морского пути: Баренцево и Карское моря** / [отв. ред. Г.Г. Матишов] М.: Наука, 2007. С. 28-50.
4. **Океанология: средства и методы океанологических исследований** / Г.В. Смирнов, В.Н. Еремеев, М.Д. Агеев, Г.К. Коротаев, В.С. Ястребов, С.В. Мотыжев. М.: Наука, 2005. – 795 с.

МЕТОД КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ВЕЛИЧИНЫ ТЕПЛО- И ВОДООБМЕНА МЕЖДУ ШЕЛЬФОМ И ОТКРЫТЫМ МОРЕМ ПО SST-ИНФОРМАЦИИ

Чубаренко И.П.¹, Степанова Н.Б.², Есюкова Е.Е.¹

¹*Атлантическое отделение Института океанологии*

им. П. П. Шириова РАН

пр. Мира, 1, 236022, г. Калининград

8 (4012) 95-69-11, irina_chubarenko@mail.ru

²*Институт океанологии им. П. П. Шириова РАН,*

Нахимовский пр., 36, 117997, Москва

Method of estimation of heat- and water-exchange between shallow and deep-sea waters is suggested, allowing for quantification of this exchange during periods when vertical convection is developed. It is based on analysis of variations of the heat content of shallow waters, deduced from a picture of differential heating in coastal zone.

Обсуждаются основы метода количественной оценки величины тепло- и водообмена между прибрежными водами и открытым морем по информации о картине дифференциального прибрежного прогрева на поверхности моря в периоды сезонного развития вертикальной конвекции.

Дифференциальный прибрежный прогрев/выхолаживание над прибрежными подводными склонами формируются в результате совместного действия (1) теплообмена с атмосферой и (2) транспорта тепла течениями; физика этого процесса достаточно подробно исследована [2]. Дифференциальный прогрев наблюдается в тех областях водоёма, где влияние теплообмена через поверхность чувствуется до дна; они в данном случае и являются «мелкими прибрежными», хотя, например, в Балтийском море в осенне-зимний период это районы с глубинами до 60 м [2]. Особенно ясно дифференциальный прибрежный прогрев выражен в периоды сезонного развития вертикальной конвекции, причём граница между «прибрежной зоной» (где конвекция достигает дна) и «глубоким морем» (где конвекция не достигает дна и температура воды практически неизменна по горизонтали) легко определяется по полю температуры поверхности воды [1].

$$\boxed{\text{Изменение теплосодержания «прибрежной области»}} = \boxed{\text{Теплообмен с атмосферой}} + \boxed{\text{Адвективный транспорт тепла из «глубокого моря»}}$$

Рис. 1. Изменение теплосодержания «прибрежной области» вычисляется из уравнения теплового баланса

Основная идея метода заключается в следующем (рис. 1). В рассматриваемой ситуации изменение теплосодержания «прибрежной зоны» происходит за счёт теплообмена через поверхность с атмосферой и транспорта тепла течениями через границу с «глубоким морем». Само теплосодержание вод в «прибрежной зоне» в некоторый момент времени оценивается по информации о поле глубин и о температуре *поверхности*, поскольку конвекция обеспечивает практически изотермичность по вертикали. В глубокой части моря температура воды по горизонтали меняется мало, поэтому адвективной составляющей переноса тепла в этой области можно пренебречь. Таким образом – изменение температуры *поверхности* воды в глубокой части со временем может быть использовано для оценки первой составляющей теплового баланса – теплообмена с атмосферой (в предположении, что над прибрежными склонами он отличается незначительно). Далее, оценка транспорта тепла течениями следует из уравнения теплового баланса (рис. 1).

Вычисление расхода течений требует привлечения дополнительной информации об общей вертикальной структуре полей температуры и скорости течения, которая также известна [2]. Для демонстрации работоспособности метода пересчёта потоков тепла в расход обменных течений проведены серии лабораторных экспериментов, которые детально описаны в постерном докладе Степановой Н.Б. (тезисы представлены в данном сборнике). Применимость выводов лабораторного эксперимента на масштабе прибрежной зоны моря обосновывается как аналитически (получением автомоделных решений), так и путём сравнения с характеристиками реальных профилей температуры поверхности воды от берега в глубокую часть Гданьского залива Балтийского моря, полученных со спутниковых снимков. Подробная информация об анализе SST снимков дана в докладе Есюковой Е.Е. (тезисы также представлены в данном сборнике). В целом, предложенный метод позволяет оценить тепло- и массообмен через границу шельфа с глубоким морем – по спутниковой SST информации и полю глубин в районе исследований.

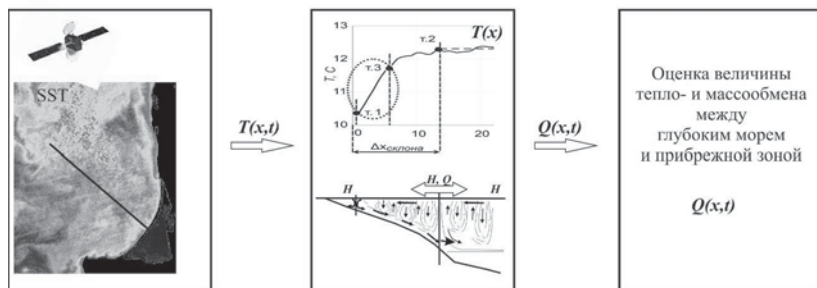


Рис. 2. Основная идея метода – оценить величину тепло- и массообмена между глубокой и мелкой частями моря в периоды развития вертикальной конвекции по SST информации

Предложенный метод позволяет вычислить величину тепло- и массообмена между глубокой и прибрежной областями просто по интегральному изменению теплозапаса всей прибрежной зоны. Однако, зная физику течений [2], удаётся предложить не только оценку обмена через границу между «глубокой» и «прибрежной» областями, но и распределение величины транспорта (поперёк берега) внутри «мелководной» области. Для определения режима течений при этом важно представлять вид и изменение со временем горизонтального профиля температуры поверхности воды от берега в глубокую часть моря, что также следует из анализа SST изображения.

Исследования проводятся при поддержке РФФИ в рамках проекта № 13-05-01041а.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Есюкова Е.Е., Чубаренко И.П., Гурова Е.С., Степанова Н.Б.** Дифференциальное выхолаживание над прибрежными подводными склонами Юго-Восточной Балтики в осенний период по данным спектрорадиометров MODIS. Физические проблемы экологии (экологическая физика). Сб. научн. трудов. Под ред. В.И.Трухина, Ю.А. Пирогова, К.Н. Показеева – М.: МАКС Пресс, 2012. Том 19. С. 190–199.
2. **Чубаренко И.П.** Горизонтальная конвекция над подводными склонами. – Калининград: Терра Балтика, 2010. – 256 с.

ОСОБЕННОСТИ РАЗНОМАСШТАБНЫХ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Мельников В.А.

*Институт океанологии им. П.П.Ширишова РАН
Нахимовский пр., 36, 117997, г. Москва,
8 (499) 124-63-83, vmelnikov@ocean.ru*

Hydrodynamic type systems advanced studies are intensively stimulated by the open access to remote sensing archives. However, satellite data have a number of important limitations despite advanced technologies with the use of data assimilation numerical models. It follows from the using satellite data experience, parallel in situ measurements are necessary for the initial calibration and precision drift monitoring, as well as for many regional and applied field explorations. The issue of the optimal experiment planning of adequate and cost-effective combination of contact and satellite measurements, is still highly relevant. It is shown, that significant variability occurs at the time scales ranging from ~ 10 seconds. and spatial scales ~ 10 cm. With the aim to reveal multi-scale variations coupling, the simulation model on the basis of real spectra was carried out. Locally, multiple random phase and amplitude impact system response can be regarded as normal noise modulated by the self-oscillated system with relaxation time scale determined by the physical properties of the fluid.

Исследования разномасштабных (глобальных, региональных и локальных) систем гидродинамического типа существенным образом стимулируются в мировом сообществе благодаря открытому доступу к архивам спутниковых данных. Благодаря качественным архивам были достигнуты выдающиеся достижения в понимании гидрофизических явлений. В качестве примера приводится остроумный метод Smith&Sandwell построения рельефа дна Мирового океана с высоким разрешением, при оптимальном сочетании спутниковой информации по уровню моря и эхолотных измерений in-situ.

Однако спутниковые данные имеют ряд ограничений; технологии получения данных очень сложны; имеется множество неопределённостей, поправок и ошибок, связанных, в частности, и с интерполяцией по пространству и времени, несмотря на продвинутое технологии исполь-

зования численных моделей эволюции состояний системы океан-атмосфера–суша, с ассимиляцией данных.

Как показывает опыт использования спутниковых данных, для первичной калибровки и последующего контроля дрейфа точности, а также для множества региональных и прикладных задач, всегда необходимы параллельные измерения *in situ*. Главной трудностью в получении контактных данных были и остаются экономические ограничения в использовании инфраструктуры: дорогостоящие суда, приборы и квалифицированный научный персонал. Ранее, в силу этого ограничения измерения проводились по методу гидрофизических полигонов (под руководством акад. А.С. Мони́на, программы Полимоде, Мезополигон, Мегаполигон и др.), а также использовалась концепция энергоактивных зон океана (под руководством акад. Г.И.Марчука, программа Разрезы и др.). Планирование оптимальных измерительных экспериментов при адекватном и экономичном сочетании дискретности и продолжительности контактных и спутниковых измерений, остаётся актуальным. При этом приходится преодолевать некоторые трудности. Первой из них являются значительные вариации измеряемых гидрофизических параметров на малых временных масштабах, начиная от ~10 сек. и пространственных масштабах – от ~10 см, как показано на рис. 1.

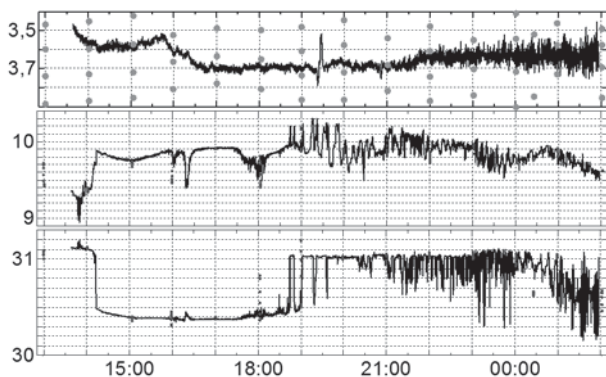


Рис. 1. Ход STD параметров на суточной станции в Байдарацкой губе 15 июля 2012 г. Глубина моря – 19 м. Дискретность – 10 сек. Время, судовое. Верхняя панель – глубина измерителя, м; в середине – температура воды, °C, внизу – солёность воды, *psu*. Точки – измерения при ежечасных вертикальных зондированиях вторым зондом

Второе. В атмосфере и океане, повсеместно встречаются разномасштабные фронты, с резкими изменения параметров. В частности, на траверзе п. Харасавэй (Карское море), наблюдалась фронтальная граница прибрежных взвесенесущих вод, продвигающаяся от берега с со скоростью 10 см/с, рис. 2.

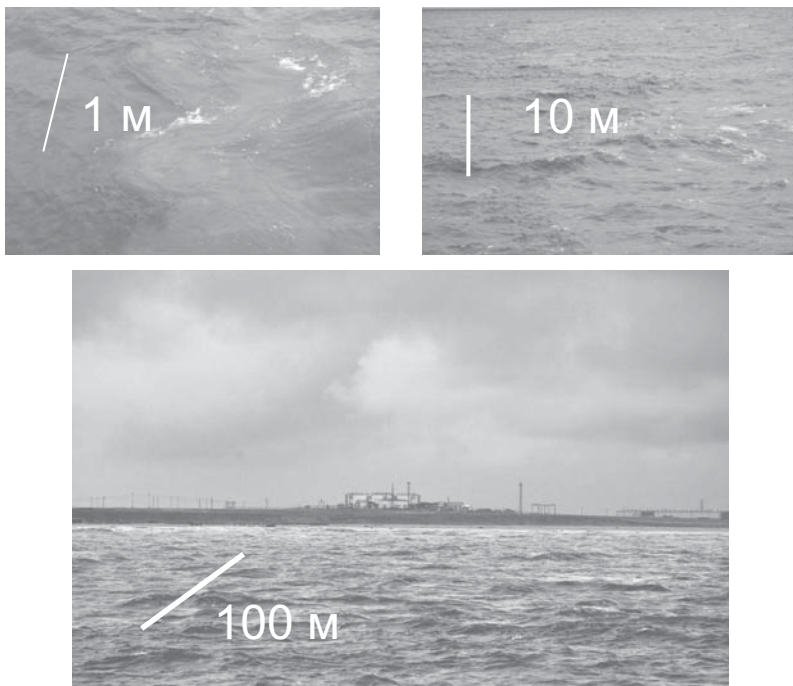


Рис. 2. Структура фронта прибрежных взвесенесущих вод на разных пространственных масштабах. По наблюдениям с борта нис на якорной стоянке на траверзе п. Харасавэй, 13 авг. 2012 г., в 08ч. 20 мин. по судовому времени. Фото. Н.А.Тихоновой

Вариации параметров при пересечении фронта представлены на рис. 3. В мелководных морях, по сравнению с открытым океаном, сложность полей и временная изменчивость существенно возрастают. Неоднородности полей следует учитывать при осреднении по "элементарному" измерительному объёму, который в дистанционных зондированиях на несколько порядков больше, чем в контактных.

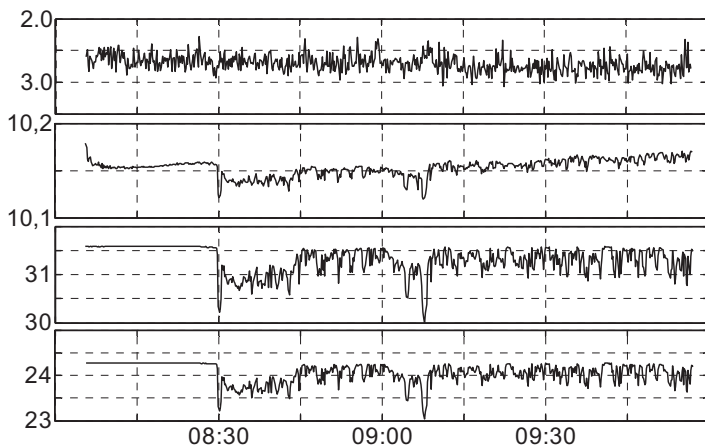


Рис. 3. Вариации СТД параметров по измерениям с борта заякоренного судна, при движении фронтального раздела от берега к морю. Дискретность опроса датчиков зонда – 10 сек. Глубина моря – 23 м. Время, судовое, чч:мм. Верхняя панель – глубина положения измерителя, м, в середине – температура воды, °C, внизу – солёность воды, *psu*

Третье. При долговременных измерениях средние статистические характеристики реализации неадекватны, в силу существенной нестационарности и неоднородности процессов.

С целью оценки взаимосвязей на различных масштабах в наблюдаемых гидрофизических полях, в рамках концепции адаптации гидродинамических систем к внешнему воздействию и последующей релаксацией после снятия или изменения воздействия, проведено моделирование спектральных характеристик реализаций. Локально, отклик системы на множественные случайные по фазе и амплитуде воздействия можно рассматривать как нормальный шум, преобразованный в системе с релаксацией, временной масштаб которой определяется физическими свойствами среды. Модель авторегрессии первого порядка соответствует экспоненциальной релаксации, а модель авторегрессии второго порядка описывает автоколебания с релаксацией.

В заключение, обсуждаются измерительные системы гидрофизических процессов временных масштабов, на примере гидрополигона ИО РАН вблизи Голубой бухты (п. Геленджик).

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ ОТРАЖЕННОГО СИГНАЛА ВЫСОКОТОЧНОГО РАДИОВЫСОТОМЕРА САДКО

Зуева А.Н., Плешаков Д.И., Римский-Корсаков Н.А.

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

В докладе представлены результаты исследований, связанные с участием Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН) в создании полигона калибровки высокоточного радиовысотомера САДКО в части комплекса средств океанографического обеспечения (г. Геленджик, Южное отделение ИО РАН). Высотомер САДКО устанавливается на геодезический спутник ГЕО-ИК-2 и является эффективным средством изучения топографии морской поверхности. Летные испытания ГЕО-ИК-2 были приостановлены из-за неудачного запуска в 2011 г. Продолжение испытаний запланировано на 2014 г.

Высокоточный радиовысотомер САДКО, поставляемый фирмой Alcatel Alenia Space, представляет собой аналог высотомера Poseidon-2. Данный высотомер обеспечивает проведение измерений на двух несущих частотах – 13,575 ГГц (Ku-диапазон) и 5,3 ГГц (C-диапазон).

Полученный авторами доклада экспериментальный алгоритм позволяет определить основные параметры, характеризующие высоту фазового центра антенны высотомера САДКО над мгновенной средней морской поверхностью по форме отраженного сигнала. Использована модель отраженного сигнала Брауна [1], описывающая зависимость мощности отраженного сигнала от времени. Основными определяемыми параметрами являются: время момента достижения средней амплитуды сигнала; значимая высота волн; коэффициент обратного рассеивания (амплитуда). Временной интервал связан через скорость света с высотой. Дополнительно оценивается угол отклонения электрической оси антенны высотомера от местной нормали. Основными входными данными является отраженный сигнал, принятый высотомером который прошел этап калибровки.

Параметры отраженного сигнала определяются из решения нелинейной задачи метода наименьших квадратов (МНК) с коррекцией решения по типу доверительной области (модифицированный метод Левенберга-Маркварда [2]). В случае успешного решения выполняется оценка точно-

сти определения параметров по МНК. Решение выполняется итерационно для каждого из 2-х диапазонов с учетом конфигурации высотомера [3].

На рис. 1 приведена априорная оценка трех параметров высотомерного измерения в зависимости от высоты волн морской поверхности для основного диапазона на секундном интервале.

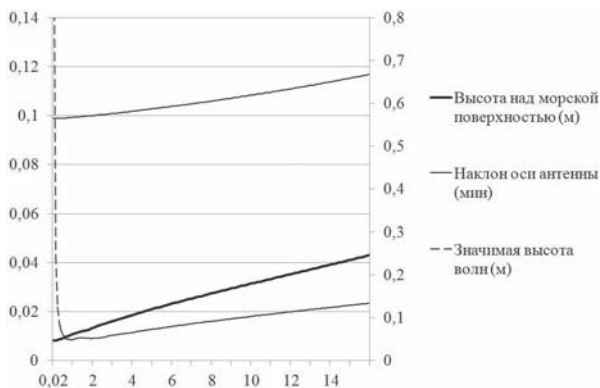


Рис. 1. Оценка трех параметров (Ку диапазон, 320МГц) в зависимости от высоты волн морской поверхности в метрах (высота спутника по оси слева; значимая высота волн и наклон оси антенны по оси справа)

Исследования показали, что алгоритм позволяет получать на секундном интервале высоту спутника с погрешностью не более 2 см при высоте волн до 4 м и сохраняет работоспособность при высоте волн до 16 м.

Полученные высокие точностные характеристики высотомера позволяют уточнить требования к комплексу средств океанографического обеспечения в составе полигона калибровки, в первую очередь, к погрешности навигационных измерений с морских буйковых станций и алгоритму моделирования высоты морской поверхности по данным измерениям.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Brown G. S.** The Average Impulse Response of a rough surface and its applications // IEEE Trans. Antennas Propag. 1977. С. 25.
2. **Дэннис Д., Шнабель Р.** Численные методы безусловной оптимизации и решения нелинейных уравнений / М.: Мир, 1988. 440 с.
3. **Attachment B.** SADKO ALTIMETER REQUIREMENT SPECIFICATIONS / AAS. 2007.

**НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ И
ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ СТАЙНОЙ РОБОТОТЕХНИКИ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО И СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ
(ОБЗОР)**

**Арсентьев В.Г.¹, Бубин А.Р.², Бурдун И.Е.², Коваленко В.В.³,
Криволапов Г.И.¹**

¹ *Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, ул. Кирова, 86, 630102, г. Новосибирск
8(383)286-80-45, krivolapov@sibsutis.ru*

² *ООО «ИНТЕЛНИКА»
ул. Никитина, 15-76, 630009, г. Новосибирск
8(383)266-20-92, info@intelonics.com*

³ *Научный совет по комплексной проблеме “Гидрофизика” РАН
ул. Губкина, 3, 119333, г. Москва, 8(499)135-50-35, hydrophys@mail.ru*

Presented is a survey of the science and technology problems related to swarm robotic systems for civil and special applications. Analyzed are key papers from a database covering 4000 publications.

Введение. Для изучения и контроля масштабных событий и процессов целесообразно использовать группы относительно простых и недорогих автономных мобильных роботов, обладающих свойствами самоорганизации поведения. В докладе представлены результаты анализа базы данных (БД) открытых публикаций в области методов, технологий и приложений робототехники стайного применения [1-3]. Количество публикаций, включённых в БД UXV_Swarms [3], превышает 4000 (более 50 тыс. страниц). Цели доклада – дать характеристику выборки обзорных работ из базы данных по ключевым направлениям научно-технологического обеспечения жизненного цикла систем стайной робототехники. Список реферируемых работ приводится в отдельной электронной публикации [4], доступной в сети Интернет по адресу: www.intelonics.com.

О мотивах имитации стайных принципов в технике. Интерес к исследованиям и разработкам в области стайной робототехники обусловлен простотой и эффективностью принципов этологии и самоорга-

низации, которые издревле успешно используются в живой природе. Мотивация использования эффекта «стайного интеллекта» в действиях группы автономных роботов объясняется стремлением повысить эффективность и надёжность применения роботов для решения масштабных, трудоёмких, однообразных или опасных для жизни и здоровья человека задач в сложных условиях.

Особенности модели стайного поведения. К ним относятся: локальность наблюдения, связи и взаимодействия особей; отличная ситуационная осведомленность стаи; самоорганизация группового и индивидуального поведения; подчинение интересов одного интересам большинства; адаптивность стаи к состоянию внешней среды и отдельных особей; нечувствительность механизма координации коллективных действий к изменению численности стаи; целенаправленность поведения группы без внешнего управления или лидера; экономия затрат ресурсов (энергии, интеллекта, времени и др.); широкий спектр решаемых задач; надёжность и безопасность применения; жизнестойкость сообщества. Эти качества связывают с виртуальным «стайным интеллектом», который проявляется спонтанно, в результате множества локальных взаимодействий в стае, тем самым отражая закон перехода количества в качество.

Разделы обзора. Ключевые публикации [5–98] из базы данных [3] охватывают следующие научно-технологические проблемы:

- **рабочие определения, базовые принципы, самоорганизация поведения в живой природе** (роль имитации стайности; инварианты стайного поведения; общие требования; классификаторы; теория; обзоры исследований по этологии поведения рыб и животных);

- **обзоры, монографии, справочники, курсы лекций, отчеты с анализом рынка** (многодисциплинарные обзоры; концепции применения; решаемые задачи; «дорожные карты»; требования);

- **этика, нормативный базис и безопасность применения** (законодательство; этика применения; «социальная робототехника», безопасность для людей; информационная безопасность; виды угроз для стай роботов; «дорожная карта» работ);

- **виды стайных роботов, проблемы развития технологий**, в том числе – для стай надводных и подводных роботов (социально взаимодействующие; самособираемые; гомогенные, гетерогенные; уровни и приоритеты развития технологий);

- **наблюдение локального пространства и связь** (датчики; комплексирование данных разнородных измерений; виды и способы связи в стае; язык общения роботов; искусственные феромоны; применимость

сетевых принципов; подводная и межсредная связь; надежность и защищенность связи);

- **сети и стаи** (стаи с сетевой организацией; гетерогенные сетечетрические стаи; обзоры сетей-стай подводного наблюдения);

- **управление, наведение, навигация и самоорганизация** (модель К. Рейнольдса; методы управления в стае; методы социальных потенциалных полей; динамика и устойчивость стай; управление в стае с переменной степенью автономности; определение местоположения роботов; методы избежания столкновений; методы кооперации; обзор алгоритмов стайных действий; устойчивость конфигураций стай к отказам на основе имитации иммунитета);

- **координация, кооперация, синхронные действия** (обзоры методов; координация движения; синхронные силовые воздействия стай; коллективное перемещение и обработка грузов; опыты по транспортировке неисправных роботов, грузов и раненых; реконфигурация, адаптация и формирование стереотипов в стае; способы самосборки роботов в стае, виды сборочных связей; методы составления карт минных полей и других распределенных явлений);

- **бортовое программное обеспечение** (обзор бортовых программных платформ для роботов; языки и операционные системы);

- **энергообеспечение** (распределение и перераспределение энергоресурсов, экономия энергии в стае на движение и связь и др.);

- **обучение** (усиленное обучение; эволюционные методы; проектирование поведения: вероятностные конечные автоматы, распределенные потенциалные поля, искусственные нейронные сети);

- **моделирование, испытания и оценка** (методы, виды, инструменты и среда моделирования; моделирование динамики природных стай, связи; проблема испытаний и оценки характеристик; методы и средства испытаний, определения соответствия);

- **актуальные задачи применения** (авиационно-химические работы в лесном и сельском хозяйстве; поисково-спасательные операции; исследование зон заражения; изучение явлений в реальном масштабе времени; составление высокоточных и актуальных карт: погода, климат, рельеф, физические поля; управление потоками автотранспорта; складская логистика; сбор разливов нефти; установка заграждений для предотвращения разливов нефти; противостайные операции; другие приложения в больших пространствах; задачи изменяемого масштаба; задачи, требующие резервирования);

- **перспективные задачи применения** (автоматическое строительство сооружений и переработка мусора; очистка территорий и акваторий; добыча полезных ископаемых; здравоохранение, медицина; уход за

престарелыми; сельское и рыбное хозяйство; сбор урожая на дне моря; транспортная логистика: грузы, люди; наблюдение и вмешательство, в том числе – проверки; исследование, инспектирование и помощь, в том числе – в местах, неприемлемых для человека: под водой, в космосе, под землей; обучение и отдых: имитаторы, инструкторы, тренеры, помощники, учителя, игрушки).

Заключение. Стайная робототехника находится в фазе бурного развития концепций, методов, технологий, опытных образцов, примеров применения. Сферы приложений включают: исследование распределенных явлений в реальном масштабе времени; опасные или ресурсоемкие задачи, которые не могут быть решены с помощью человеко-машинных систем или дистанционно-управляемых роботов; задачи, требующие оперативного маневра ресурсами во времени и пространстве; поисково-спасательные операции; интеллектуальный транспорт; автоматическая добыча полезных ископаемых; задачи, требующие гарантированного выполнения, и др. Аналитические исследования БД UXV_Swarms будут способствовать принятию научно-обоснованных решений в рассматриваемой области.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Арсентьев В.Г., Бурдун И.Е., Криволапов Г.И., Ростопчин В.В.** Создание научно-технологической и образовательной базы разработок систем мобильной робототехники для проектов освоения континентального шельфа Российской Федерации // Сб. материалов Всероссийской научно-технической конференции «Научное и техническое обеспечение исследований и освоения шельфа Северного Ледовитого океана», 09-13 августа 2010 года. Новосибирск, 2010. – С. 19–28.
2. **Коваленко В.В.** Информационные сетевые системы как основа решения прикладных задач в сферах безопасности, ресурсной и природоохранной // Сб. материалов II Всероссийской научно-технической конференции «Научное и техническое обеспечение исследований и освоения шельфа Северного Ледовитого океана», 02-06 июля 2012 года. – Новосибирск, 2012. – С. 17-26.
3. **Бурдун И.Е., Бубин А.Р.** Исследования и разработки в области мобильной робототехники стайного применения (краткий технический обзор зарубежных публикаций) // Морские информационно-управляющие системы. М.: ОАО «Концерн «АГАТ», 2012. No.1. – С. 46–56.
4. Список ключевых обзорных публикаций по направлению «Мобильная робототехника стайного применения» из базы данных UXV_Swarms (v.02 от 15.03.2013г.). – Новосибирск, 2013. – 4 С. ([www.intelonics.com/bibliography/MCOI-2013_\(Bibliography\).pdf](http://www.intelonics.com/bibliography/MCOI-2013_(Bibliography).pdf)).

МЕТОДИКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ВОДОЛАЗНЫХ СПУСКОВ В АВТОНОМНОМ РЕЖИМЕ

Черкашин С.В.

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН
Нахимовский пр., 36, 117997, г. Москва,
+7 (985) 924 1602, charley@charley.ru*

Have developed methods of diving using different composition of breathing gas mixtures, closed circuit apparatus and the use of computer programs in order to improve the efficiency of underwater scientific, search and rescue for safety of their conduct.

Разработаны методики водолазных спусков с использованием различных по составу дыхательных газовых смесей, аппаратов замкнутого цикла и применением компьютерных программ в целях повышения эффективности подводных научных, поисковых и аварийно-спасательных работ и безопасности их проведения.

Проведены всесторонние исследования существующих технологий в данной области, как в отечественной, так и в зарубежной практике профессиональных водолазных спусков, а также наработки технического дайвинга. На основании проведенного анализа разработаны оптимальные подходы к эффективной организации и проведению водолазных спусков в автономном снаряжении различного типа и конфигурации в диапазоне глубин до 100–120 м.

Особое внимание уделено наиболее прогрессивным технологиям водолазных спусков: оперативная смена ДГС в процессе погружения; использование смесевых аппаратов с замкнутой схемой дыхания; расчет режимов декомпрессии с помощью компьютерных программ; применение персональных водолазных компьютеров.

Новизна и актуальность темы обусловлена полным отсутствием аналогичных методик в практике профессиональных водолазных спусков и работ в Российской Федерации. За рубежом ситуация не намного лучше.

Основные методические подходы были апробированы в ходе проведения специализированной подготовки водолазов различных структурных подразделений МЧС России: ЦЕНТРОСПАС, ГОСАКВАСПАС, Байкальский ПСО.

Сферами применения результатов работы являются:

- спасательные и аварийно-спасательные работы, в том числе, в труднодоступных районах;
- выполнение широкого спектра подводно-технических работ;
- обследование и идентификация подводных объектов, в том числе работы в отсеках затонувших судов и в затопленных помещениях гидротехнических сооружений;



- демонтаж и подъем на поверхность отдельных элементов и узлов затонувшей техники;

- подводная фото и видео регистрация;

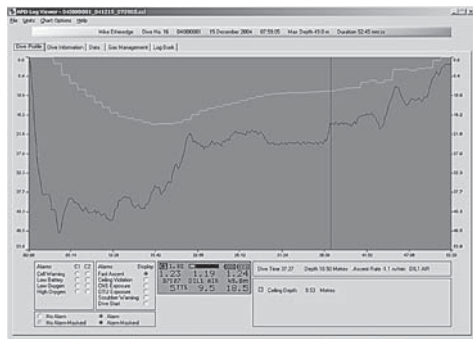
- проведение специальных операций.

Дана классификация автономного водолазного снаряжения. Отражены, по методологическим

подходам, методики проведения водолазных спусков в автономном снаряжении. Водолазные спуски на кислородно-азотных ДГС (найтроксе) исследованы с позиций предупреждения воздействия на организм гипероксии, исключения наркотического действия азота. Исследованы варианты применения автономного водолазного снаряжения при проведении водолажных спусков с обязательной ступенчатой декомпрессией. Впервые в России (для профессиональных водолажных структур) исследована возможность проведения глубоководных водолажных спусков (свыше 60 м) без использования водолазного комплекса и водолазного колокола в автономном водолажном снаряжении. Водолазные спуски на аппаратах с замкнутой схемой дыхания обоснованно признаны как наиболее оптимальные и эффективные при проведении работ во всем диапазоне глубин, и особенно глубоководных (до 100–120 м).

Модели декомпрессии оценены с позиций достоверности (соответствия) описания транспорта и фазовых изменений индифферентного газа в организме при изменениях окружающего давления, включая количественные параметры, реальным физиологическим и физическим процессам, происходящим с индифферентным газом в организме в условиях изменяющегося давления газовой и водной среды. В испытаниях с воздействием различных доз гипероксии, уменьшающих объемную ско-

рость кровотока и, следовательно, скорость рассасывания организма, был установлен диапазон индивидуальных периодов полурассасывания организма от азота от 180–260 мин при дыхании воздухом, до 400–460 мин при дыхании чистым кислородом.



Изучение и признание факта влияния «немых» декомпрессионных газовых пузырьков на многие системы организма ставит задачу предупреждения не только острых, но и хронических декомпрессионных расстройств, вызываемых «немыми» пузырьками. Основная причина образования свободной газо-

вой фазы в венозной крови и тканях организма – завышенные ВДП (М-значения), принимаемые в моделях декомпрессии. Именно на снижение ВДП в процессе погружений направлено введение в практику расчёта режимов «Градиент – фактора». Модели насыщения-рассасывания, обеспечивающие проведение декомпрессии с соблюдением условия $pN_2 - P = 0$, контроль внутрисосудистого газообразования и учёт индивидуальной переносимости перенасыщения являются наиболее перспективными.

При проведении водолазных спусков в автономном снаряжении выбор декомпрессионных режимов по традиционным таблицам (особенно при глубоководных погружениях) не представляется возможным. В этой связи исследованы различные компьютерные программы. На основании проведенных исследований сделан вывод о целесообразности планирования и проведения водолазных спусков (в том числе глубоководных) в автономном водолажном снаряжении с помощью компьютерных планировщиков Z-Planner и APD Projection с установкой соответствующих уровней консерватизма и градиентных факторов.

Подробно исследованы характеристики применяемых в практике технического дайвинга персональных водолазных компьютеров. Применение водолазных компьютеров значительно повышает безопасность проведения водолазных спусков в автономном снаряжении. Особый интерес представляет отечественный водолазный компьютер AV1 (разработка 2012 г.). При сочетании большой вычислительной мощности и экономичности, его программу можно легко модернизировать и закладывать алгоритмическое обеспечение любой сложности.



Приведены различные типы и конфигурации отечественного и зарубежного автономного водолазного снаряжения. Детально приведен состав автономного снаряжения с открытой и замкнутой схемами дыхания для спусков в декомпрессионном режиме (в том числе глубоководных).

Исследована специфика организации спусков с использованием смесевых аппаратов с замкнутой схемой дыхания. При проведении аварийно-спасательных работ на море и водных бассейнах на глубинах от 50 до 100 (120) м смесевые аппараты с замкнутой схемой дыхания являются практически безальтернативными в условиях отсутствия судовых водолазных комплексов.

Полученные данные позволяют сделать вывод о возможности и целесообразности применения водолазного снаряжения со смесевыми аппаратами с замкнутой схемой дыхания, в частности – типа Inspiration и Evolution.



Специфика выполнения работ в экспедиционных условиях, в частности, подводные океанологические исследования или поисково-спасательные операции подразделений МЧС России часто связана с необходимостью проведения водолазных спусков в необорудованных, малодоступных и отдаленных акваториях при отсутствии традиционных средств обеспечения водолазных работ. Данным

требованиям удовлетворяют водолазные спуски в автономном режиме.

Исследованы вопросы специализированной подготовки водолазов к спускам в автономном режиме.

Методические рекомендации использованы при разработке нормативной правовой базы и руководящих документов по проведению водолазных спусков и работ в структуре мобильных водолазных формирований МЧС России, а также на гармонизацию отечественных методик с международными нормами.

ИЗМЕРЕНИЕ ВОЛНЕНИЯ И УРОВНЯ МОРЯ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ НАДВОДНЫМ АКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Ковчин И.С.¹, Ковчин М.И.², Степанюк А.И.¹

¹Санкт-Петербургский филиал института океанологии им. П.П. Ширикова РАН (СПбФ ИО РАН), Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский Военно-морской институт (СПб ВМИ), Санкт-Петербург, Россия

The article discusses various methods of acoustic measurements of the level and wave of the sea in the coastal zone. Described in detail the method and the equipment, intended for measurement of these characteristics with the sensing of the sea surface with the help of surface acoustic source. The algorithm for processing of reflected from the sea surface acoustic signal, which allows determining the main characteristics of wave and level.

С целью обеспечения безопасности судоходства в прибрежной зоне моря, а также для решения иных прикладных задач, представляется весьма актуальным измерение волнения и уровня. В настоящее время, известен ряд методов, позволяющих выполнять подобные измерения в широком диапазоне частот. К таким методам, в частности, относится гидроакустический метод, в основу которого положен принцип донного расположения источника гидроакустического сигнала. [1]. Однако данный метод отличается существенным несовершенством с методической точки зрения и не позволяет получать репрезентативную информацию об уровне и волнении в прибрежной зоне моря. Это вызвано следующими основными причинами.

1. Невозможность корректной оценки погрешности измерений, вызванной множеством трудно учитываемых гидрометеорологических факторов, таких как изменчивость скорости звука в водной среде, рассеяние, отражение от неоднородностей.

2. Труднодоступность датчика при его подводном расположении и, как следствие, возникновение сложностей при его техническом обслуживании.

Предлагаемый в работе метод отчасти лишен указанных недостатков. В качестве его основы используется акустический датчик измерения уровня моря и высоты волн QHR104, расположенный над поверхностью воды. Принцип работы датчика основан на измерении времени

Δt_i прохождения акустического сигнала от места установки датчика до поверхности воды и обратно к приемнику устройства. Интервал времени Δt_i между излученным и принятым акустическим сигналом является линейной функцией расстояния l_i от источника акустического сигнала до поверхности воды:

$$l_i = \frac{\Delta t_i C_{зв}}{2}, \quad (1)$$

где $C_{зв}$ – скорость звука в воздухе.

Это расстояние определяет некоторое осредненное значение по площади рассеяния излученного акустического сигнала. Для снижения уровня методических погрешностей, обусловленных искажениями хода луча от воздействия ветрового потока, в конструкции датчика предусмотрен раструб длиной около 1 м.

Далее через АЦП сигнал поступает на компьютер со специально разработанным программным обеспечением (ПО). В основу ПО заложен специально разработанный алгоритм. Сущность алгоритма заключается в следующем.

1. Определение максимальной высоты волны за интервал времени 600 с.

Из исходного сообщения датчика уровня формируется за 600 секунд ряд значений $l_1, l_2, \dots, l_j, \dots, l_{600}$ расстояний от датчика уровня до поверхности воды. Длина ряда будет состоять из 600 значений расстояний, измеренных через каждую секунду. Далее формируется ряд последовательных разностей $l_2-l_1, l_3-l_2, \dots, l_i-l_{i-1}$. Выделяется и сохраняется узловое значение l_j , на котором разность l_i-l_{i-1} меняет знак, либо равна нулю. Формируется ряд узловых значений l_j . Определяется число узловых значений m за интервал 600 с. Интервал времени обуславливается методикой измерения параметров. [6]. Для удобства интерпретации полученных данных интервал осреднения выбирается единым для всех видов измерения.

Далее формируется ряд последовательных разностей $L_j = l_j - l_{j-1}$. Каждая разность L_j соответствует высоте единичной волны.

Если выполняется условие: $L_j / L_{j-1} \leq \mu$, где $\mu=0.05$ (предусмотрена возможность изменения этого коэффициента), значение высоты волны L_{j+1} исключается из ряда L_j .

Из ряда L_j выделяется максимальное значение:

$$L_{max} = MAX \{L_{jj}\}. \quad (2)$$

Этому значению L_{max} присваивается понятие максимальной высоты волны за 600 с.

2. Определение средней высоты волны за интервал времени 600 с.

Средняя высота волны L_{cp} за интервал времени 600 с определяется по соотношению:

$$L_{cp} = \frac{2}{m} \sum_{j=1}^m L_j . \quad (3)$$

3. Определение среднего периода волны за интервал времени 600 с.

Средний период волны τ_{cp} за интервал времени 600 с определяется по соотношению

$$\tau_{cp} = \frac{1200}{m} . \quad (4)$$

Пояснения к алгоритму расчета представлены на рис. 1.

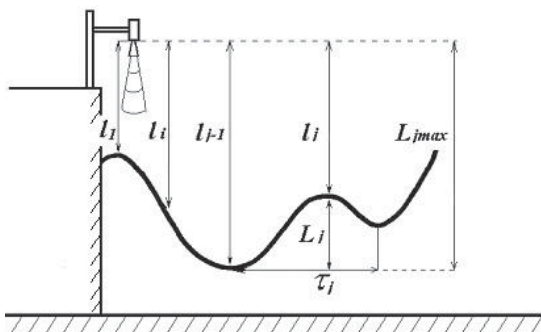


Рис. 1. Пояснения к алгоритму расчета характеристик волнения

4. Расчет уровня моря

Из исходного сообщения выбирается ряд значений $l_1, l_2, \dots, l_i$.

Определяется l_{cp} по формуле

$$l_{cp} = \frac{l_1 + l_2 + \dots + l_i + \dots + l_{600}}{600} . \quad (5)$$

Определяется значение уровня моря H_{cp} по формуле:

$$H_{cp} = H_{\delta} - l_{cp}, \quad (6)$$

где H_{δ} – высота установки датчика уровня от дна; H_{cp} – искомое значение уровня моря, осредненное за 600 с. Диапазон временного осреднения выбирается с учетом общепринятых рекомендаций [2].

Предложенный метод измерения характеристик волнения и уровня был успешно реализован в дальневосточном порту Ванино [3]. Эксплуатация системы показала, что надводный акустический датчик волнения и уровня моря позволяет более корректно оценить изменчивость измеряемых характеристик, а также более удобен в эксплуатации и техническом обслуживании.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ковчин И.С.** Автономные океанографические средства измерений. Л.: Гидрометеиздат, 1991, 256 с.
2. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 9. Часть 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 312 с.
3. **Ковчин И.С., Ковчин М.И., Марцинкевич В.Б., Степанюк А.И.** Акустическая информационно-измерительная система гидрометеорологического мониторинга прибрежной зоны. // Датчики и системы. – 2011. – № 9. – С. 9-13.

УДК 553.982

ПОГРЕШНОСТИ МЕТОДА ФАЗОВО-РАВНОВЕСНОЙ ДЕГАЗАЦИИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ КОНЦЕНТРАЦИИ МЕТАНА В ВОДЕ

Егоров А.В., Ковалева Е.С.

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

This paper considers basic principles and improvement of the headspace analysis in research of methane fields in natural waters. The subject of discussion is impact of water sampling at the final methane concentrations.

Определение концентраций метана в воде все шире включается в комплексные океанологические исследования. Интерес к метану в первую очередь определяется его ресурсным значением. Половина запасов углеводородов на Земле представлена метаном. Помимо экологически чистого топлива, метан представляет собой незаменимое сырье для химической промышленности, являясь основой для производства разно-

образных полимеров. Для России метан является стратегически важным геологическим ресурсом.

Помимо ресурсного аспекта в последние годы метан привлекает все большее внимание как парниковый газ. Несмотря на его относительно малое количество в атмосфере (порядка 2 ppm), его активность в 30 раз превышает активность CO_2 . Последние 150 лет содержание метана в атмосфере растет, что вызывает серьезную обеспокоенность не только климатологов, но и политиков, что зафиксировано в "Киотском" протоколе. Роль акваторий в ежегодном бюджете метана в атмосфере, по первоначальным оценкам, невысокая, в последние годы подвергается пересмотру в сторону увеличения. Особое внимание привлекают к себе регионы Арктических морей России, имеющие огромный по площади шельф. Эмиссия метана с этого шельфа, по оценкам некоторых ученых, оказывает серьезное влияние на потепление в Арктике, зафиксированное в последние 30 лет.

Существует довольно много методик определения концентраций метана в пробах природной воды. Большинство из них основано на выделении газов из воды и последующего анализа газовой фазы. Точность и чувствительность их основаны на полноте и постоянстве степени извлечения газа из воды и точности анализа. На современном этапе точность хроматографического анализа достаточно высока и погрешности, связанные с извлечением газа из воды, являются определяющим фактором. Используются вакуумная, термовакuumная, химическая, ультразвуковая, инжекторная, фазово-равновесная методики дегазации, а также комбинация методов. Вакуумный и термовакuumный методы используются в нефтегазовой геологии для геохимических исследований, связанных с поисками и разведкой нефти и газа. Их преимуществом является полнота извлечения газа из пробы. Недостаток – сложность процесса дегазации, требующая вакуумного насоса и герметичности соединений, что бывает затруднительным в полевых условиях. Недавно появившийся инжекторный метод по полноте извлечения газа сравним с методом вакуумной дегазации и обладает теми же недостатками – громоздкость оборудования и наличие мощного электрического насоса. Ультразвуковая дегазация используется совместно с другими методами с целью ускорить извлечение газов. Самостоятельно может применяться лишь для пересыщенных растворов и не позволяет вести количественный анализ. Фазово-равновесная дегазация – метод, имеющий множество разновидностей. Он основан на эффекте установления фазового равновесия между индивидуальными газами, находящимися в газовой и водной фазе.

Так или иначе, этот эффект лежит в основе всех методов дегазации, включая вакуумный и инжекторный.

Более 25 лет в лаборатории нефтегазоносности используется фазово-равновесная методика дегазации [1]. Разновидности этой методики широко используются как в России, так и за рубежом, где она носит название "head space technique".

Метод базируется на законе Генри, гласящем, что для смеси идеальных газов растворимость отдельного газа не зависит от содержания других газов и прямо пропорциональна его парциальному давлению или концентрации в газовой фазе,

$$C_g = aC_e, \quad (1)$$

где C_g – концентрация газа в газовой фазе, C_e – концентрация в воде, a – коэффициент растворимости Генри. Если концентрации в воде и газе мерить в одних единицах, то коэффициент a будет безразмерной величиной. Растворимость метана в воде невелика, порядка 0,03. Т.е. если в закрытой емкости объемы газовой фазы и воды равны, то в фазовом равновесии в воде будет содержаться лишь 3% от количества метана в газовой фазе. Рассмотрим герметичную емкость объемом V_g , в которую помещена проба жидкости объемом V_e с концентрацией метана C_e . Часть емкости заполнена газом, начальная концентрация метана в котором равна нулю.

После установления фазового равновесия часть метана перейдет из жидкости в газовую фазу, и между концентрацией метана в газовой и жидкой фазе будет существовать связь, выраженная законом Генри (1). Обозначим индексом 0 начальные концентрации, а индексом 1 получившиеся после установления фазового равновесия, получим следующую систему из двух уравнений:

$$V_g C_{g0} = V_g C_{g1} + V_e C_e, \quad C_{g1} = aC_e.$$

Подставляя C_{g1} из второго уравнения в первое, получим связь между содержанием метана в газовой фазе и начальным содержанием метана в воде в виде:

$$C_e = C_g(a + V_g / V_e). \quad (2)$$

Уравнение (2) дает искомую связь между измеряемой хроматографически концентрацией метана в газовой фазе и искомой концентрацией метана в пробе жидкости. Изменяя соотношения между объемами газовой и жидкой фаз можно подобрать оптимальные соотношения для разных концентраций метана. Уравнение (2) можно использовать при высоких концентрациях метана в жидкости при V_g / V_e , близким к единице, при этом точность метода, связанная с погрешностью определения объемов газовой и водной фазы максимальна. Это простейший вариант методики, при котором можно пренебречь растворимостью газа в

воде (ошибка порядка 3%), имеет и свои недостатки. Основной из них – требование, чтобы в начальный момент в газовой фазе была нулевая концентрация метана, что требует использования особо чистых газовых смесей. При этом требования к чувствительности хроматографа на порядок более высокие, чем при использовании варианта с соотношением объемов V_z / V_6 порядка 1/10. Если использовать в качестве начального газа воздух с содержанием метана порядка 1.85 ppm (одна часть на миллион или $10^{-4}\%$), то удовлетворительная точность достигается при концентрациях, превышающих 50 мкл/л. Для таких концентраций метод прост, надежен и имеет невысокую погрешность. Однако в природных условиях такие высокие концентрации в водах встречаются относительно редко, поэтому встает вопрос о модификации метода к низким концентрациям метана в природных водах. Это концентрации метана в воде, равновесные с метаном в воздухе, составляющие около 50 нл/л для морской воды при нормальных условиях. В глубинных океанических водах минимальные содержания метана достигают 10-20 нл/л. Решение этой проблемы в использовании искусственно газовой смеси с нулевым содержанием метана, что усложняет процедуру дегазации и приводит к дополнительным источникам ошибок, поскольку окружающий нас воздух содержит метан, который может попасть в газовую фазу.

Наиболее простое решение – использовать для начальной газовой фазы окружающий воздух и учесть практически постоянное содержание в нем метана. Расчетная формула при этом усложнится. Так, баланс метана до и после установления фазового равновесия запишется в виде:

$$V_6 C_6 + V_z C_{атм} = V_6 C_{6l} + V_z C_z. \quad (3)$$

Решив его относительно C_6 с учетом закона Генри (1), получим следующее уравнение

$$C_6 = C_z (a + V_z/V_6) - C_{атм} V_z/V_6, \quad (4)$$

где $C_{атм}$ – содержание метана в воздухе, равное 1.85 ppm.

Уравнение (4) является основным для расчета концентраций в области значений, близких к равновесным с воздухом. Сюда входят значения объема газа и жидкости и значение концентрации метана в газовой фазе, измеренное с помощью хроматографа. Поскольку речь идет о невысоких концентрациях, то хроматограф должен иметь пламенно-ионизационный детектор (ПИД). Чтобы хроматограф не оказался определяющим ошибку звеном, его предел чувствительности по метану должен составлять не более 0,04 ppm. При соответствующем подборе колонок все современные хроматографы, снабженные ПИД, позволяют

проводить измерения с нужной точностью. Однако в полевых условиях возникает вопрос использования портативных хроматографов, выбор которых требует тщательного анализа их возможностей.

В докладе будут представлены результаты экспериментальных исследований процедуры пробоотбора и дегазации на точность определения метана в природной воде. Исследованы погрешности, обусловленные отбором пробы из батометра Нискина по мере слива воды, влияния размера емкостей для дегазации проб воды, а также соотношения объемов газовой фазы с объемом пробы воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Большаков А. М., Егоров А.В.** Об использовании методики фазово-равновесной дегазации при газометрических исследованиях в акваториях // *Океанология*. 1987. Т.37. №5. С. 861-862.

УДК 623.98

ОБЗОР СРЕДСТВ АВТОНОМНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ ВРЕМЕНИ ДЛЯ АНПА

Куценко А.С., Егоров С.А.

*НИИСМ МГТУ им. Н.Э. Баумана
Госпитальный пер. д. 10, г. Москва
тел./факс (499)263-61-15, saiclex@mail.ru*

Paper presents the latest domestic tools allow autonomous navigation time synchronization for a long time without any external source GLONASS/GPS. Key words: self-contained unit of time synchronization.

В докладе представлены доступные на сегодняшний день отечественные разработки, позволяющие автономно синхронизировать время бортового навигационного вычислителя в течение длительного времени без сигналов от спутниковых навигационных систем (СНС) ГЛОНАСС/GPS.

Для реализации синхронного обмена информационными сообщениями в задачах гидроакустической навигации и связи для группы автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) необходимо поддержание на борту каждого объекта единого времени. В качестве таких

объектов будем рассматривать плавающие на поверхности гидроакустические буй-маяки, являющиеся основой гидроакустической навигационной системы с длинной базой, также находящийся на поверхности пульт управления АНПА и собственно группа АНПА.

Для синхронизации времени поверхностных буюв, пульта управления достаточно иметь в их составе приемник ГЛОНАСС/GPS, имеющий выход PPS (1 импульс в секунду, привязанный с высокой точностью к всемирному UTC времени) и выдающий по последовательному порту в формате NMEA всемирное время. Для АНПА, помимо спутникового приемника, работающего только на поверхности требуется иметь автономный генератор тех же сигналов – как по последовательному порту (NMEA), так и сигнала PPS.

Синхронизацию внутренних часов и последующее поддержание времени на АНПА с погрешностью, указанной в таблице 1, могут обеспечить следующие системы точного времени:

1. Устройство частотно-временной синхронизации по сигналам СНС ГЛОНАСС/GPS – “NAVIOR-T” (производитель ЗАО “КБ НАВИС”, г. Москва).

2. Опорный синхронизирующий приемник – “ОСП 2” (производитель ОАО “РИРВ”, г. Санкт-Петербург).

3. Блок коррекции времени – “ЭНКС-2” (производитель ЗАО “Инженерный центр “Энергосервис”, г. Архангельск).

Таблица 1.

Характеристики	Система точного времени		
	“NAVIOR-T”	“ОСП 2”	“ЭНКС-2”
Пределы абсолютной погрешности синхронизации фронта PPS к шкале UTC, мкс за сутки	± 7	± 3	± 50000
Потребляемая мощность, ВА, не более	12	22	5
Питание от источника постоянного тока, В	(15 $\pm$ 0,5)	9..36	9..18
Рабочий диапазон температур, °C	от +5 до + 60	от –40 до 50	от +5 до + 55°C
Габаритные размеры модуля без учета размера антенны, Д*Ш*В, мм	351x185x58	232x232x65	110x70x75

Основой данных систем является высокостабильный осциллятор, по данным которого, при отсутствии сигналов от СНС ГЛОНАСС/GPS, формируется сигнал PPS. Также выдается время UTC в формате NMEA по последовательному интерфейсу RS232.

При наличии сигнала PPS, времени UTC из протокола NMEA и специального программного обеспечения на вычислителе навигационной системы (NTP daemon) возможно осуществить привязку к времени UTC с погрешностью, определяемой уходами внутреннего высокостабильного осциллятора.

Устройство синхронизации времени состоит из антенны и приемовычислителя. Антенна соединяется с приемовычислителем высокочастотным кабелем и предназначена для приема сигналов от СНС ГЛОНАСС и GPS в диапазоне от 1570 до 1610 МГц, их усиления и фильтрации. Усиленный и отфильтрованный сигнал поступает на высокочастотную часть радиоприемного устройства приемовычислителя. Преобразованный сигнал усиливается и преобразуется в цифровой код. В процессе работы устройство использует внутреннюю шкалу времени, по которой производится выдача измерений из радиоприемного устройства. По полученным данным производится определение координат потребителя и расхождение времени между внутренней и заданной оператором шкалами времени. По вычисленному расхождению шкал времени запускается схема формирования выходного импульса (программная метка времени). Пересчет данных для формирования импульса PPS производится каждую секунду.

Результаты определения навигационных параметров по стандартному интерфейсу RS232 выдаются внешним потребителям в формате NMEA.

На рис. 1 показан внешний вид “NAVIOR-T”, на рис. 2 – “ОСП 2”, на рис. 3 – “ЭНКС-2”.



Рис. 1. Внешний вид устройства частотно-временной синхронизации “NAVIOR-T”



Рис. 2. Внешний вид устройства опорного синхронизирующего приемника “ОСП 2”

Для поддержания единого времени на АНПА наиболее подходит устройство частотно-временной синхронизации “NAVIOR-T”, так как его точностные и массогабаритные характеристики наиболее приемлемые. Для данного устройства, учитывая погрешность хранения метки времени, ошибка определения дистанции между АНПА и буем при условии прямолинейного распространения гидроакустического сигнала и скорости звука 1500 м/с за сутки составит не более $1500 \cdot 0,000014 = 0,021$ м (без учета задержек на обработку вычислителем навигации данных о текущем времени).



Рис. 3. Внешний вид блока коррекции времени “ЭНКС-2”

Таким образом, использование синхронизаторов времени позволит исключить расхождение времен на каждом АНПА и навигационных буях и, тем самым, избежать рассинхронизации обменов по гидроакустическим и другим каналам связи, наложения передаваемых сигналов (коллизий в сети). Наличие на борту АНПА информации о точном едином времени позволит с высокой точностью вычислять дистанцию до буев относительно АНПА для осуществления длинно базовой навигации.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМОМ ПОДВОДНЫМ АППАРАТОМ

**Куценко А.С., Егоров С.А., Молчанов А.В., Черненко К.В.,
Пелипенко И.И., Иноземцев В.В.**

*НИИСМ МГТУ им. Н.Э. Баумана,
Гостеприимный пер. д. 10, г. Москва
тел./факс (499)263-61-15, saiclex@mail.ru*

Paper presents a part of marine engineering activities of Moscow State Technical University named after N.E. Bauman Research Institute of Special Machine building Department of Underwater Systems. Described the program complex control system remote-controlled underwater vehicle and development software system.

В докладе рассмотрены основные этапы разработки программного комплекса (ПК) для управления движением и подсистемами телеуправляемого подводного аппарата (ТПА), его структура и особенности.

В рамках ОКР в НИИСМ МГТУ им. Н.Э. Баумана был разработан программный комплекс для управления ТПА. Данный ПК в настоящее время отрабатывается на имитаторах подсистем аппарата и носителя, а так же на реальных подсистемах ТПА. Поведение самого аппарата моделируется в системе управления (СУ) при переключении ее в режим технологической отладки. Поведение лебедки имитируется на программном имитаторе лебедки, который по штатному протоколу обмена выдает все параметры в СУ верхнего уровня.

Основные этапы разработки данного ПК были следующими:

- этап проектирования, который включал в себя конкретизацию задач, поставленных перед разработчиками СУ ТПА в соответствии с техническим заданием (ТЗ) заказчика;
- первая итерация с проработкой исходных данных для реализации конкретных задач с учетом доступных на момент проектирования технологий, датчиков и прочих элементов, из которых будет состоять СУ ТПА;
- вторая итерация с уточненным составом доступных на момент проектирования технологий, датчиков и прочих элементов, из которых будет состоять СУ ТПА, достаточным для выполнения всех пунктов ТЗ.

Уточняется масса изделия, габариты, число последовательных и параллельных интерфейсов, число силовых интерфейсов для управления исполнительными органами аппарата, наличие датчиков ориентации, глубины, эхолота, их необходимая точность и прочие характеристики СУ ТПА;

- после детальной проработки всего “железа” (габариты, масса, число вычислительных средств и датчиков в системе) прорабатывался состав программного комплекса и его функциональность в зависимости от подключенных к конкретным вычислителям (бортовым или корабельным) интерфейсов;

- анализ особенностей текущих подсистем, которые изготавливаться для данного изделия контрагентами заказчика;

- проектирование архитектуры программного комплекса исходя из заложенного в СУ ТПА оборудования. Этот этап начат после утверждения первых версий протоколов обмена с подсистемами контрагентов. На данном этапе окончательно были утверждены вычислительные средства, операционная система на всех вычислителях, требования к программному комплексу, используемые интерфейсы и структура всего оборудования, связанного с СУ ТПА;

- создание программ СУ, входящих в ПК, начат с детальной проработки требуемого функционала под конкретный вычислитель в зависимости от его назначения. На данном этапе выполнено распараллеливание работ, после того как общая функциональность СУ ТПА распределена на несколько вычислительных средств на этапе проектирования архитектуры ПК. Разработка пультовой и бортовой частей выполнялась параллельно. Создание программы сопровождалось отладкой с помощью штатных датчиков и протоколов или их имитаторов. Например, для бортовой СУ имитатором датчиков выступала модель динамики ТПА. В дальнейшем, для бортовой СУ, после поставки самих датчиков, программное обеспечение проверялось и отрабатывалось с установкой датчиков ориентации на трехступенной стенд (для системы ориентации) и стенд задания давления для калибровки датчика глубины;

- согласование первых версий ПК с заказчиком (интерфейсов оператора, функционального назначения органов управления). На данном этапе утверждалось окончательное видение экранов программ, через которые с СУ будет взаимодействовать оператор ТПА. После окончательного утверждения видов интерфейсов экранов возможно создание эксплуатационной документации на весь программный комплекс управления ТПА и окончательная доработка всех программ;

- доработка и отладка всего ПК на штатном оборудовании с использованием всех штатных средств, входящих в комплекс ТПА.

ПК состоит из СУ верхнего уровня и системы управления нижнего уровня. Верхний уровень СУ отвечает за автоматические режимы работы по данным о положении аппарата относительно носителя. Нижний уровень СУ отвечает за режимы стабилизации аппарата по крену, дифференту, курсу, глубине и за управление всеми исполнительными органами аппарата.

В систему управления верхнего уровня входят драйверы связи по Ethernet со всеми драйверами органов управления и программами, входящими в программный комплекс, например штатный модуль для приема информации от носителя о координатах СПА относительно носителя по данным гидроакустической навигационной системы. В состав ПК входят программы обработки сигналов с органов управления ТПА – рукоятки управления движением, выносного пульта управления, кнопок на консоли управления, программных кнопок на сенсорном экране. В СУ нижнего уровня входят драйверы связи с бортовыми подсистемами ТПА – модули связи по последовательному интерфейсу RS422/RS485 с эхолотом и акустическим лагом, системой электропитания, винтомоторными агрегатами, телевизионными камерами. Структура вычислительных средств представлена на рис. 1.

В СУ ТПА входят три вычислителя на носителе и два вычислителя на борту аппарата. Такая архитектура позволяет распределять задачи между вычислителями, снижая загрузку каждого из них. Вычислитель, на котором запускается интерфейс пульта управления ТПА, отображает текущее состояние ТПА и позволяет задавать его режимы работы. Вычислитель, на котором запускается интерфейс сенсорного экрана ТПА, позволяет задавать режимы работы как для ТПА, так и для других подсистем комплекса, например, для телевизионной системы аппарата (управление телевизионными камерами, светильниками) или для лебедки. На нем так же реализована обработка органов управления ТПА (рукоятка управления движением, кнопки управления). Бортовой вычислитель связи реализует проброс всех протоколов обмена со всеми бортовыми подсистемами аппарата и носителем. Бортовой вычислитель СУ реализует алгоритмы обработки датчиков аппарата и алгоритмы системы управления локальными контурами (курс, крен, дифферент, глубина, марш, лаг). Вычислитель СУ ТПА на носителе реализует автоматические режимы управления ТПА при работающей гидроакустической навигационной системе. На вычислителях носителя все программы работают под управлением операционной системы Linux, на борту ТПА – QNX.

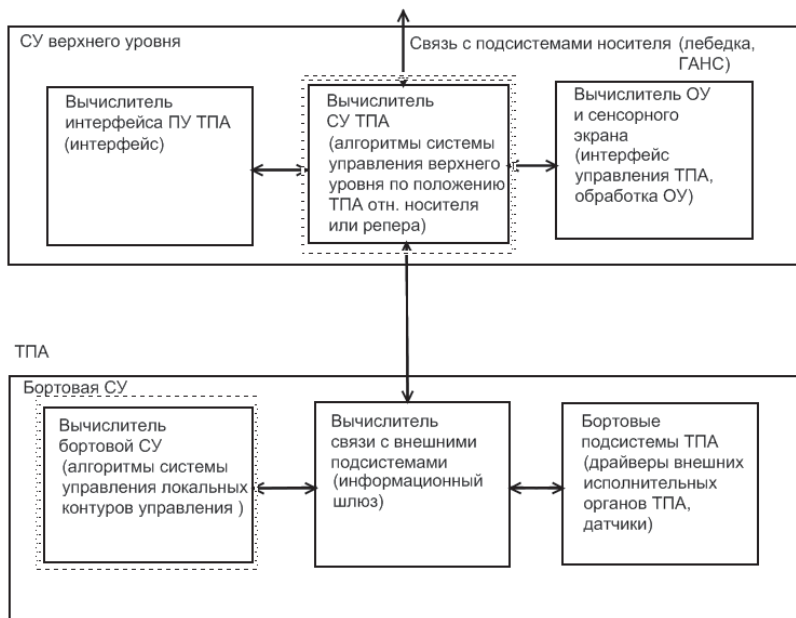


Рис. 1. Структура вычислительных средств СУ ТПА

Достоинства разработанного ПК ТПА:

- расширяемость в зависимости от задач и наличия исполнительных органов ТПА;
- гибкость при настройке и отладке (изменение IP-адресов или портов в конфигурационном файле);
- быстрая переконфигурация с интерфейса RS422 на Ethernet и обратно (изменение типа интерфейса настраивается в конфигурационном файле). Что позволяет проводить отладку с внешними штатными системами при использовании технологического вычислителя (ноутбука) на котором запускается часть программ, взаимодействующих с отлаживаемой подсистемой.

В настоящее время ведется доработка и отладка ПК на штатном оборудовании телеуправляемого комплекса.

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА СТАТИКИ ПОДВОДНОЙ БУКСИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОТРАБОТКИ

Черненко К.В., Егоров С.А.

*НИИСМ МГТУ им. Н.Э. Баумана,
Госпитальный пер. д 10, г. Москва, 105005, Россия
тел./факс (499) 263-61-15, e-mail: sm42@sm.bmstu.ru*

The report describes computer aided methods in a towed vehicle engineering. Hydrodynamic coefficients calculated with OpenFOAM software. Approach of computer aided calculation parameters (desired hydrodynamic forces, speed, cable length) of a towed vehicle is presented.

В докладе рассмотрены особенности использования различного программного обеспечения на этапах проектирования и отработки подводной буксируемой системы.

Силы и моменты, развиваемые буксируемым аппаратом, зависят от углов атаки его рабочих поверхностей. Простое суммирование сил, развиваемых отдельными компонентами буксируемого аппарата (корпус, заглубляющее крыло, рули), не дает адекватной оценки суммарной гидродинамической силы всего аппарата [1]. Во избежание ошибок при отработке конструкции буксируемого аппарата необходимы продувки последовательно оптимизируемых конфигураций аппарата, либо расчетные методики, позволяющие с приемлемой точностью определять гидродинамические силы и моменты в функции угла атаки, углов перекладки рулей, угла установки заглубляющего крыла.

Для проведения таких расчетов был выбран пакет конечно-объемного анализа OpenFOAM, решатель pisoFoam, который доступен только под операционную систему Linux.

Настройка модели и решателя проводилась с использованием модельного тела из [1]. Она заключалась в выборе рационального количества ячеек сетки и параметров решателя, обеспечивающих определение гидродинамических параметров C_x , C_y и m_z с требуемой точностью относительно экспериментально полученных значений. По результатам

многократных расчетов строятся кривые гидродинамических коэффициентов C_x , C_y , m_z .

Анализ полученных таким способом характеристик и визуализированного потока вокруг аппарата свидетельствует о применимости, после соответствующей настройки, указанных инструментов для расчета гидродинамических сил и моментов буксируемого аппарата.

Полученные гидродинамические характеристики используются в дальнейших расчетах системы судно – кабель – буксируемый аппарат, проводимых с использованием многофункциональной программы. В ее основу положена статическая модель буксируемой системы, в которой кабель аппроксимируется многозвенником.

Программа позволяет рассчитывать следующие параметры системы:

- рабочую глубину буксируемого аппарата по заданным силам и параметрам буксировки;
- требуемые силы, развиваемые аппаратом (крыльями) для достижения заданной глубины;
- длину кабеля, необходимую для достижения заданной точки относительно судна, при известных силах;
- скорость буксировки аппарата при известных силах на нем, заданной длине кабеля и требуемой глубине погружения.

Для решения краевых задач в программе используется процедура оптимизации соответствующих функционалов. Данная программа функционирует в операционных системах Windows и Linux, имеет соответствующий графический интерфейс, может быть встроена в качестве «помощника» в штатный пульт управления и использована при отработке и эксплуатации буксируемой системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Виноградов Н.И., Крейндель С.А., Лев И.Г., Несневич М.З.** Привязные подводные системы: Аэрогидродинамические характеристики при установившемся движении. – СПб., 2005. 304с.

ПОДСПУТНИКОВЫЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В БЕЛОМ МОРЕ

**Зимин А.В.^{1,2}, Родионов А.А.^{1,3}, Жегулин Г.В.¹, Романенков Д.А.¹,
Козлов И.Е.², Мясоедов А.Г.², Атаджанова О.А.²**

¹ Санкт-Петербургский филиал Института океанологии
им. П.П. Ширшова РАН (СПбФ ИО РАН)
1-ая Линия В.О., 30, 199053, г. Санкт- Петербург
8(812) 328-57-59, zimin2@mail.ru

² Российский государственный гидрометеорологический
университет (РГГМУ)
Малоохтинский пр., 98, 195196, г. Санкт- Петербург
8(812) 372-50-80, zimin@rshu.ru

³ Санкт-Петербургский научный центр РАН (СПбНЦ РАН),
Университетская наб., 5, 199034, г. Санкт- Петербург
8(812) 328-26-12, sPPP@spbrc.nw.ru

In the area of the White sea, dedicated to the results of radar monitoring of the sea surface, in the summer of 2012 was made a special experiment on the study of the characteristics of short-period of internal waves. Compared data of contact, visual and satellite observations. It is shown that the intense internal waves appear on the sea surface in the form of slik bands and in the radar images. Apply primarily packages for 2-4 waves and the frequency of their appearance is connected with the phase of the tidal cycle.

Основные сведения о характеристиках короткопериодных внутренних волн (ВВ) в Белом море базируются на результатах контактных наблюдений [1, 2, 3]. В этих работах показано, что их характеристики существенно различаются на различных по характеру стратификации вод и рельефа дна участках шельфа. В отельных районах внутренние волны имеют характеристики интенсивных внутренних волн (ИВВ). Установлена их связь с баротропным приливом. Показано, что ИВВ обладают значительной нелинейностью, их высота может достигать половины глубины моря, период – десятков минут. Обнаружен участок шельфа, на котором интенсивные короткопериодные внутренние волны наблюдаются каждый приливный цикл и вносят значительный вклад в переме-

шивание вод. Выбор районов исследований обосновывался лишь с учетом результатов математического моделирования внутренних волн приливного периода, не позволяющего в настоящее время адекватно описать коротковолновую часть спектра ВВ.

Широкомасштабное пространственное представление об особенностях проявлений короткопериодных ВВ на акватории Белого моря было получено по данным спутникового зондирования по результатам обработки радиолокационных изображений ENVISAT ASAR [4]. Эти данные позволили выделить районы, где было зарегистрировано максимальное количество поверхностных проявлений пакетов короткопериодных внутренних волн в период с июня по август 2010 года. Наибольшее их число было зарегистрировано на восточной границе Бассейна и Горла.

В этом районе с 29 июля по 1 августа 2012 года по результатам экспресс-анализа данных, полученных в оперативном режиме, со спутника Radarsat-1, был проведен подспутниковый полигонный эксперимент. Он включал мелкомасштабную океанографическую съемку и постановку полигона из трех буйковых станций со сторонами 1–2 км. Продолжительность наблюдений составляла около суток, что позволяло охватить 2 приливных цикла гармоника M2. На южной и северной границе полигона устанавливались доплеровские профилографы течений ADP SonTek-500 (США) и ADCP WHS-300 (США), оснащенные также датчиками давления и температуры. Дискретность измерений составляла 2 минуты. На этих же станциях в область термоклина вывешивалось по одному прибору «Вектор-2» (Россия), фиксирующему температуру воды, скорость и направление течений с дискретностью 30 секунд. В центральной части полигона на горизонтах 9, 12, 15, 18, 21, 24 м с помощью электромагнитных измерителей JFE Alec (Япония) определялись скорость и направление течений с дискретностью две минуты. Также в этой точке выполнялись сканирования водной толщи от поверхности до дна зондами CTD90M и SBE-25 (США); «спуск» и «подъем» зонда занимал 1–2 мин. Сканирования велись непрерывно в течение 25–26 часов при переменном использовании обоих зондов. Полный комплекс попутных метеорологических наблюдений выполнялся каждые полчаса.

Во время работ на полигоне исследовались характеристики внутренних волн контактными средствами измерений, по радиолокационным спутниковым изображениям и по визуальным наблюдениям. Во время работ на полигоне наблюдалось прохождение цугов внутренних волн по колебаниям изотерм (рис. 1) и по спутниковыми снимками (рис. 2). Так, по данным натурных наблюдений отмечено прохождение через полигон 8 цугов волн (всего 25 волн) с высотой от 3 до 7,8 м и периодами от 5 до

25 минут. По данным спутниковых наблюдений отмечено прохождение 6 цугов волн (всего 20 волн) с длинами 136–288 м. Волны по данным спутниковых и контактных наблюдений регистрировались преимущественно в фазу прилива.

Благодарности: Работа выполнена при поддержке «Мегагранта» РГГМУ контракт № 11.G34.31.0078.

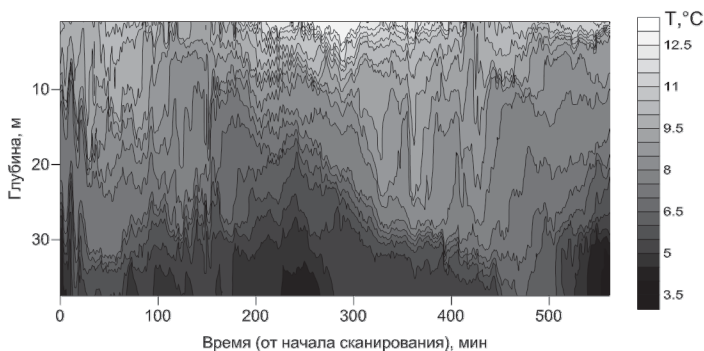


Рис. 1. Временная изменчивость температуры по данным измерений СТД – зондом на полигоне с 8:53 до 17:10 01.08.2012 г.

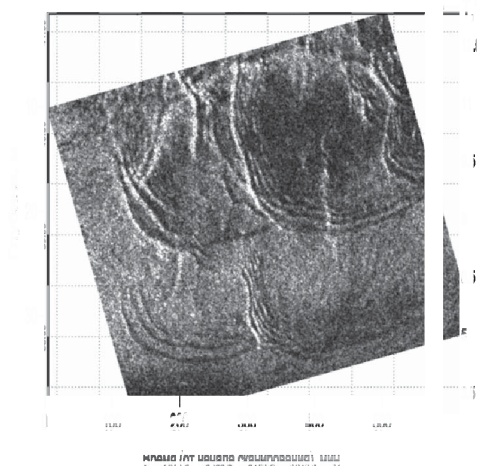


Рис. 2. Проявление ВВ на спутниковом РЛ-снимке Radarsat-1 акватории Белого моря от 31 июля 2012 г 14:35 UTC в районе полигона

ЛИТЕРАТУРА

1. **Зимин А.В., Родионов А.А., Николаев В.Г.** Наблюдения короткопериодных внутренних волн в Белом море // Труды X Всероссийской конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики». СПб.: Наука, 2010. С. 229–232.
2. **Зимин А.В.** Внутренние волны на шельфе Белого моря по данным натурных наблюдений // Океанология, 2012. Т.52. № 1. С.16–25.
3. **Зимин А.В.** Экспериментальные исследования изменчивости гидрофизических полей на шельфе Белого моря в районах с различной вертикальной структурой вод // Система Белого моря. Том II. Водная толща и взаимодействующие с ней атмосфера, криосфера, речной сток и биосфера. М.: Научный мир, 2012. С.392–410.
4. **Зимин А.В., Козлов И.Е., Мясоедов А.Г., Мохнаткин Ф. Ю., Родионов А.А., Жегулин Г.В., Здоровеннов Р.Э.** Короткопериодные внутренние волны в Белом море // Сб. тезисов X Всероссийской конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». М.: ИКИ РАН, 2012. – С. 261.

УДК 504.424.064:623.459

РАЗРАБОТКА БАЗОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ МНОГОЦЕЛЕВЫХ АВТОНОМНЫХ В ТОМ ЧИСЛЕ ДОННЫХ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Лискин В.А., Егоров А.В., Лежнин В.А., Пронин А.А.

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

Paper presents a part of marine engineering activities of P.P. Shirshov Institute of Oceanology concerning development base element new generation multi-objective autonomous including bottom oceanology station.

Разработано модифицированное устройство постоянного перемешивания (турбулизатор) воды в рабочем и фоновом боксах модуля гидрохимических измерений донных станций. Устройство монтируется на крышках рабочего и фонового боксов, там же монтируется мешалка и

магнитная муфта для передачи вращающего импульса от мотора к мешалке внутри бокса. Конструкция имеет возможность изменения степени перемешивания воды в боксах для подбора оптимального режима в зависимости от гидродинамического режима исследуемой акватории.

В части работ по гидрохимическим модулям разработана методика и технические средства для пересчета скорости химического обмена через поверхность дна, полученной в закрытой системе бокса, на открытую систему морского дна.

Выполнено исследование алгоритмов микропрограммного и программного управления сетью унифицированных измерительных модулей в составе станций, созданы списки адресов и служебных слов управления обменом информацией через интерфейс RS485, разработаны блок-схемы модульной структуры программ, схемы взаимодействия программных модулей, обеспечивающих множество функций сети.

Модифицирована структура специализированного управляющего контроллера гидрохимического модуля, включающая развязку платы контроллера и вспомогательной платы датчиков, изменен набор программируемых параметров, плата контроллера снабжена герметичным выключателем питания.

Разработаны основные конструктивные и электронные элементы погружной части системы гидроакустической связи – герметичный корпус, приемоизлучающие элементы, герморазъемы, монтаж блоков электроники и питания. Проведена компоновка элементов в едином погружном модуле. Начаты работы по созданию бортовой части системы гидроакустической связи.

Реализовано программное обеспечение считывания данных о состоянии функциональных подсистем станции, находящейся в подводном положении, через акустический канал связи. Служебная информация, из поочередно назначаемых контроллером модулей, передается по общей шине в назначенное контроллером устройство, для дальнейшей их передачи по акустическому каналу на борт судна. И наоборот, с борта судна по акустическому каналу передаются команды контроллеру на выполнение того или иного алгоритма выполнения измерений, сбора и передачи данных.

Проведена разработка модуля измерителя скорости и направления течений в составе станции, элементов компоновки, микроплат процессоров, коммутаторов и других электронных и конструктивных элементов. Выполнен отладка электронных узлов, проведена компоновка и доводка в едином комплексе элементов измерителя. Отлажены алгоритмы микропроцессорного управления модулем по общей шине.

Разработаны эскизы конструкции для плавной постановки рабочего бокса на дно. Конструкция включает в себя внешнюю раму с опорами, и внутренний модуль с рабочими боксами, который после постановки на дно внешней рамы, должен плавно опуститься и заглубить края бокса в осадок на необходимую глубину.

УДК 504.424.064:623.459

ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ И СОЗДАНИЮ МОДИФИЦИРУЕМЫХ ДОННЫХ СТАНЦИЙ

Лискин В.А., Егоров А.В., Лежнин В.А.

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

Paper presents a part of marine engineering activities of P.P. Shirshov Institute of Oceanology concerning approach to development and creation modified bottom station.

Объектом разработки является донные станции (лендеры) для исследований газовых гидратов выходящих непосредственно на поверхность морского дна или прикрытые незначительным слоем осадка. Обоснованием этого служит тот факт, что около половины газовых гидратов обнаруженных в осадках акваторий приурочены к поверхностным осадкам. Для исследования газовых гидратов выходящих на морское дно используются как традиционные методы геологических и сейсмоакустических исследований, которыми оснащены российские научно-исследовательские суда, так и самые современные, к которым относятся лендеры – донные геохимические станции с помощью, которых возможно измерять поток химических соединений через поверхность раздела вода–дно.

Было выполнено обоснование и разработка функциональной схемы механической части лендера, включающей: несущую металлическую раму с установленными на ней камерами, которая опускается с судна на морское дно на тросе или в свободном падении (тонкая балансировка механической конструкции, возможен парашют); моторы для перемешивания воды в боксах, имитирующие придонную гидродинамику; блок

шприцев для отбора проб придонной воды из боксов; гидрохиноновый блок – систему позволяющую корректировать разницу в гидродинамике внутри боксов и снаружи; система спуска – подъема; устройство для отбора донных осадков из-под боксов после окончания эксперимента.

Разработаны функциональные схемы электрической части гидрохимического блока, включающего: интерфейсы подключения гидрофизического модуля, гидроакустического канала связи и электрохимических измерителей концентраций кислорода в морской воде и величины pH; системы измерения, считывания и передачи электрических сигналов с датчиков и соответствующего накопления информации; программного и операционного обеспечения работы отдельных систем станции (работа моторов, шприцев и т.д.).

Разработан блок пробоотборников гидрохимического модуля станции с шаговым приводом исполнительного механизма, проведены лабораторные испытания макета блока пробоотборников (5 пробоотборников, временной интервал 3 суток).

Выполнена разработка полного комплекса коммуникационных программ сети измерительных и управляющих модулей станции. Оно обеспечивает устойчивую работу сети контролируемых им модулей при перестройках их состава, структуры, изменении функций и т.п. и реализовано в виде отдельных связанных программных блоков реализующих различные функции.

Проведена разработка варианта системы цифровой гидроакустической связи с автономными приборами в океане для передачи команд на основе современных быстродействующих и малопотребляющих микропроцессоров или DSP. Сделан выбор оптимальных методов для передачи команд (медленная связь) и передачи данных (быстрая связь) на основе обзора современных методов помехоустойчивой связи в океане и математического моделирования системы цифровой гидроакустической связи при наличии дрейфа корреспондирующих точек и многолучевом распространении.

Проведено исследование процессов взаимного влияния измерительных элементов станции с учетом режимов работы ее подсистем с целью оптимизации пространственно-временных параметров аппаратного комплекса. Проведенные исследования позволили достичь оптимальных показателей устойчивости, максимального состава измерительных модулей и датчиков и параметров их пространственного распределения.

Выполнены исследования способов повышения энергетического потенциала станции с использованием микропрограммной реализации управления энергетической подсистемой с целью увеличения длительности функционирования.

**ТЕХНИКО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ
АВТОНОМНОГО ОКЕАНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ
РЕСУРСНОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА
АКВАТОРИЙ**

Егоров А.В., Римский-Корсаков Н.А., Лискин В.А.

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

Paper presents a part of marine engineering activities of P.P. Shirshov Institute of Oceanology concerning technical aspects of the development autonomous oceanology complex for the resource and ecological monitoring area of water.

В рамках подпрограммы «Исследование природы Мирового океана» федеральной целевой программы «Мировой океан» в течение 2011–2012 гг. Институтом океанологии им. П.П. Ширшова РАН проводилась НИР «Создание автономного океанологического комплекса для ресурсного и экологического мониторинга акваторий, в том числе покрытых льдом, на основе высокоразрешающих методов гидрофизического и геохимического зондирования».

Объектом исследований являлся автономный океанологический комплекс для ресурсного и экологического мониторинга акваторий, в том числе покрытых льдом, на основе высокоразрешающих методов гидрофизического и геохимического зондирования.

Целью исследований являлась разработка комплексной технологии прогноза нефтегазоносности морских шельфов и залежей других полезных ископаемых, а также комплексного экологического мониторинга акваторий, в том числе в условиях ледового покрова, с использованием автономной гидроакустической системы для измерения вертикальных профилей скорости течения, установленной и интегрированной в донный модуль, оснащенный высокоразрешающей системой геохимического анализа потоков вещества, поступающего из осадочной толщи; создание и испытания экспериментального образца автономного океанологического комплекса.

В результате исследований и разработок 2011–2012 гг. был выполнен аналитический обзор современной научно-технической, норматив-

ной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему, исследуемую в рамках НИР, в том числе обзор научных информационно-источников: статьи в ведущих зарубежных и российских научных журналах, монографии и патенты.

Обоснована эффективность прямых измерений химических потоков метана и других газообразных углеводородов из донных осадков в сочетании с непрерывным гидрофизическим зондированием (профилированием) водной толщи. Проведен сбор и систематизация существующей информации о донных осадках на акваториях, где планируются испытания и проведение научных исследований с использованием автономного океанологического комплекса.

Проведены теоретические исследования поставленных перед НИР задач. Анализ базировался в первую очередь на обобщении результатов уникальной международной экспедиции "Миры на Байкале 2008–2010". Байкал является уникальной природной лабораторией – моделью Мирового океана. В недрах его осадочной толщи достигающей мощности 7.5 км образуются углеводороды и формируются их скопления как традиционные, так и в форме газовых гидратов. Поскольку ресурсы газогидратов в Мировом океане огромны, то исследования различных аспектов связанных с поисками, разработкой, транспортировкой газовых гидратов и загрязнением окружающей среды углеводородами на примере Байкала представляются крайне актуальными.

В результате проведенных исследований выяснено, что созданный в результате работы в рамках подпрограммы «Исследование природы Мирового океана» федеральной целевой программы «Мировой океан» на 2008–2010 гг. лендер ИО РАН не имеет аналогов в мировой практике. Он выбран в качестве прототипа для разработки образца автономного океанологического комплекса с программно-техническими средствами для ведения ресурсного и экологического мониторинга морских акваторий, в том числе покрытых льдом, на основе высокоразрешающих методов непрерывного гидрофизического зондирования по времени и глубине водной толщи и геохимических исследований придонного слоя.

В процессе разработок проведено структурирование и объединение в составе автономного океанологического комплекса разработанных технических и программно-методических средств исследований. Выполнена экспериментальная реализация прототипов технических решений. Выполнен выбор озера Байкал, в качестве региона проведения в зимнее время предварительных натурных испытаний экспериментального образца автономного океанологического комплекса.

Проведена разработка и изготовление отдельных узлов и блоков автономного океанологического комплекса, а именно:

- для модели шельфовой станции изготовлена несущая рама облегченного типа из алюминия марки АМг-6, вес рамы всего 3.6 кг поперечное сечение 62 см высота 42 см;

- для глубоководной модификации станции изготовлена облегченная рама, способная работать с обитаемыми и необитаемыми глубоководными управляемыми аппаратами;

- изготовлен рабочий бокс из полихлорвинила внутренним диаметром 30 см и высотой рабочей камеры 25 см и облегченное устройство закрытия промывочного отверстия рабочего бокса;

- изготовлен блок постоянного перемешивающего устройства в закрытом объеме рабочего бокса, включающий в себя прочный корпус из титана, высокоэкономичный двигатель ЭДР-6 (потребляемая мощность 2 мА/час при напряжении питания 3 в), и магнитную муфту, позволяющую передавать крутящий момент на крыльчатку с расположенную в объеме рабочего бокса на расстоянии до 10 мм от внутренней части муфты;

- изготовлен блок питания и управления работой станции, состоящий из прочного корпуса, рассчитанного на работу до 2000 м. Блок содержит элементы питания и управляющий контроллер, герметичные разъемы для коммутации с постоянным перемешивающим устройством и блоком автоматического пробоотбора;

- изготовлен блок гидрохиноновой, для определения параметров диффузионного подслоя;

- в дополнение к основному блоку питания изготовлен специальный блок питания и управления работой глубоководной станции, включающий в себя дополнительный контроллер для работы с датчиком кислорода;

- проведена разработка программного обеспечения придонного модуля и профилирующего зонда в составе автономного океанологического комплекса. Программа управляющего контроллера позволяет задавать интервал времени работы станции в гидрофизическом и гидрохимическом режимах. В первом из них промывочное отверстие рабочего бокса открыто, постоянное перемешивающее устройство включено, химический состав воды внутри и снаружи бака одинаковы. После закрытия промывочного отверстия начинается химическая стадия работы станцией с автоматической системой отбора воды из внутренней полости рабочего бокса. Создана и апробирована программа для контроллера, управляющего работой датчика кислорода.

Изготовлен экспериментальный образец автономного океанологического комплекса.

Проведены лабораторные и натурные испытания экспериментального образца автономного океанологического комплекса в рамках натурных исследований по проектам ФЦП «Мировой океан» и другим проектам.

Проведены испытания и научные исследования углеводородных проявлений в Карском море. Впервые в мире для количественного мониторинга содержания метана в поверхностных водах использовалось непрерывное сканирование с помощью тракта измерения метана. В результате получен массив данных, достаточный чтобы на его основе расчитать эмиссию метана из вод Карского моря в атмосферу.

Получены систематические данные по вертикальному распределению метана в водной толще различных зон Карского моря. Выявлена вертикальная структура с подповерхностным максимумом метана, что позволяет заключить об определяющей роли процессов происходящих внутри самой водной толщи на образование, окисление и эмиссию метана из гидросферы в атмосферу.

С помощью средств автономного океанологического комплекса проведены исследования донных осадков на разрезе, который охватывает три горизонта позднечетвертичного возраста, широко распространенных в пределах Баренцево-Карского шельфа.

Осуществлена обработка полученных научных результатов, касающихся метановых проявлений в водной толще и донных осадках, кроме самостоятельной научной значимости, позволит определить пути совершенствования создаваемых технических средств и методов поиска залежей углеводородов на морском дне Арктического бассейна.

Проведена обработка материалов научно исследовательской экспедиции проведенной ранее на озере Байкал в условиях ледового покрова. В результате сформулированы требования к методике комплексных исследований районов разгрузки углеводородных флюидов со дна. Проведен анализ результатов исследований газогидратного месторождения при глубине воды 400 метров. Эта величина в два раза превышает рабочую глубину, заданную техническим заданием.

Разработана новая такелажная схема, позволяющая работать на глубинах больше 200 метров.

Проведено научно-техническое обоснование и разработана математическая программа для обеспечения имитационного высокоразрешающего моделирования системы геохимического анализа потоков вещества через поверхность раздела вода-осадок.

Выполнено обобщение проведенных экспериментальных работ и оценка результатов лабораторных и натурных испытаний экспериментального образца, корректировка документации и методик проведения работ.

Созданы модель и программы расчетов как для потока вещества из осадка в воду, так и для потока из воды в осадок. В основу модели заложено возможность параметризации концентраций анализируемых компонентов геохимической системы. Так для кислорода максимальная концентрация определяется реально измеряемым значением концентрации в придонном слое воды. Для метана максимальная концентрация определяется равновесным значением его растворимости в присутствии газовых гидратов с учетом реального давления и температуры в верхнем слое осадков.

В ходе выполнения НИР получено два патента:

– патент на изобретение № 2431042 – «Способ добычи газовых гидратных углеводородов со дна водных бассейнов и устройство для его реализации». Патент на изобретение зарегистрирован в Гос. реестре изобретений РФ 10 октября 2011г.;

– патент на изобретение № 2446979 – «Морской гидрогеофизический комплекс». Патент на изобретение зарегистрирован в Гос. реестре изобретений РФ 10.04.2012 г.

УДК 551.46.072:51+532,553.981

НЕГЕРМЕТИЧНЫЕ КОНТЕЙНЕРЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТА ГЛУБОКОВОДНЫХ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ НА ПОВЕРХНОСТЬ

Егоров А.В., Римский-Корсаков Н.А., Рожков А.Н.

Институт океанологии им П.П. Ширшова РАН

Нахимовский проспект д.36, 117997, Москва,

8(499) 1245996, факс: (499) 1245983, E-mail: avegorov@ocean.ru

Deep water experiments on the transportation of samples of methane hydrates from a bottom to a surface by open container are reported. Experiments lay the foundation for the development of the industrial exploitation technique.

В настоящее время метан из газогидратных залежей Мирового океана, рассматривается как самый большой ресурс углеводородов на Земле. Однако оценка его ресурсов различными авторами расходится на несколько порядков. Не разработаны также методы добычи газовых гидратов (ГГ) из морских месторождений. Вовлечение нетрадиционных

ресурсов в хозяйственный оборот, как показала ситуация со сланцевым газом, может кардинальным образом повлиять как на экономическую так и на политическую ситуацию в Море. Исследования, направленные на разработку методов добычи глубоководных ГГ, имеют, возможно, огромное значение для перераспределения рынка углеводородного сырья в будущем.

Газогидраты это кристаллическое нестехиометрическое соединения молекул воды и газа клатратного типа. В одном кубическом метре ГГ содержится 160 м^3 метана. ГГ устойчивы в довольно жестких термодинамических условиях низких температур и высоких давлений. Такие условия типичны для глубоководных акваторий. Обычно считается, что ГГ надо разлагать на газ и воду нагревая его "in situ"? а выделившийся газ по трубопроводу откачивать на поверхность. Энергетические затраты на разложение ГГ составляют примерно 15% от энергии метана в ГГ. Однако как показали наши исследования в ходе трехлетней экспедиции РАН «Миры на Байкале 2008-2010», существует возможность транспортировать ГГ на поверхность не разлагая его предварительно на газ и воду.

Экспериментальные исследования транспорта ГГ стали возможны после открытия на дне Байкала на глубине 1400 м обнажений монолитного ГГ похожие на обычный лед. Первая попытка поднять отломанный от монолита кусок ГГ окончилась неудачей. При всплытии аппарата на глубину порядка 400 м из куска ГГ стали выделяться газовые пузырьки, сначала небольшие и немногочисленные, а затем все более бурные. Изначально полупрозрачный кусок ГГ стал матово белым. Вместе с газом с краев отрывались небольшие фрагменты ГГ. На глубине около 130 м остатки ГГ выскользнули из манипулятора, распавшись на куски, и бурно выделяя газ исчезли из поля зрения.

Для доставки ГГ на борт судна была разработана конструктивная схема представленная на рис.1, 2. Первый контейнер был изготовлен прямо в экспедиции из оцинкованного ведра объемом 12 л, край которого пригружен грузом 13 кг. Груз представлял собой пластиковый шланг, заполненный никелевой дробью. Ко дну ведра приклепана рукоять под хват манипулятора ГОА «МИР». В качестве подставки под ГГ использован перфорированный диск из тонкого алюминия, закрепленный на ножках в 5 см от дна бункера для образцов. Поскольку ГГ легче воды то помещенный в контейнер он всплывает по крышку. Заполненный контейнер устанавливается на подставку так, чтобы она оказалась внутри см. рис. 1.

Предполагалось, что при подъеме выше глубины фазовой границы (380 м) ГГ начнет разлагаться. Выделяющийся газ будет вытеснять воду из под контейнера, а ГГ будет плавать на ее поверхности пока вся вода

не вытеснится, а ГГ задержится на решетке. После этого ГГ окажется в полностью в газовой среде, которая является теплоизолятором. При разложении ГГ затрачивается энергия и он охлаждается. При охлаждении ниже 0°C выделяющаяся при разложении вода замерзает, превращаясь в лед, который покрывает всю поверхность ГГ и препятствует выходу метана из твердого ГГ. Замедление распада ГГ в газовой среде есть проявление эффекта самоконсервации.

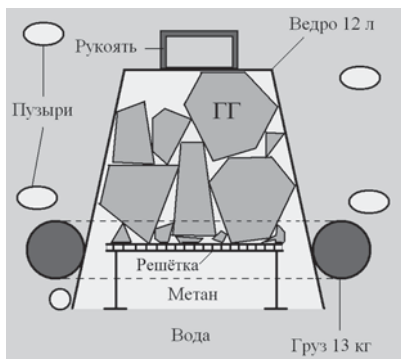


Рис. 1. Схема негерметичного контейнера слева, и фото загрузки контейнера ГГ на дне Байкала

Первый же эксперимент завершился удачно. Удалось доставить на борт судна около 2 л ГГ (рис. 2), которые сохранялись в морозильной камере холодильника при -18°C более двух недель после чего были продемонстрированы Председателю Правительства РФ В.В. Путину.

В экспедиции 2010 г. эксперименты были продолжены. Новый прозрачный контейнер был изготовлен из акрилового стекла (рис. 3), что позволяло наблюдение за процессом разложений ГГ. Однако первые два эксперимента потерпели неудачу. Если в первом проблема была чисто технической, недостаточно прочное крепление верхней крышки, то во втором эксперименте при подъеме на глубину около 50 метров, контейнер стал подпрыгивать, выбрасывая, большое количество газа, не смотря на тяжелые груза. Для этого выталкивающая сила должна быть больше архимедовой. Единственная возможность это образование реактивной силы расширяющего газа. Для этого должна была образоваться ледово-газогидратная пробка, перекрывающая все нижнее сечение контейнера. Накопление избыточного давления, привело к выбросу этой пробки и подвсплытию контейнера. Конструкция первого контейнера оказалась

случайным образом очень удачной – коническая форма и тонкие металлические стенки не давали возможности закупоривания его сечения.

Для предотвращения образования повышенного давления контейнер был снабжен газоотводной трубкой (рис. 3). Для проверки гипотезы о замерзании воды в контейнере, он был снабжен термодатчиком, прикрепленным к верхней крышке. Второй термодатчик был закреплен на нижней решетке.

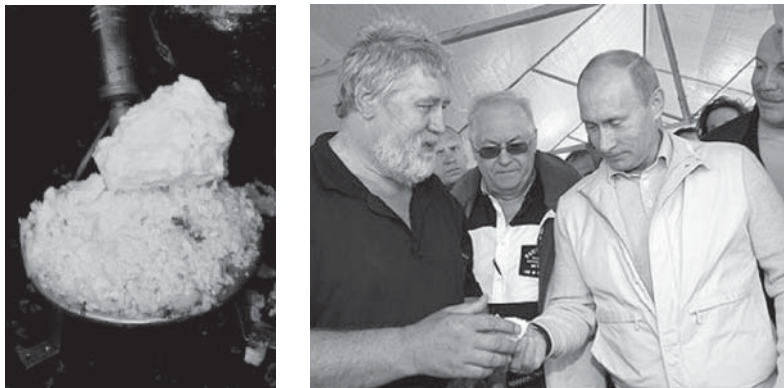


Рис. 2. Газовые гидраты на решетке после его доставки на борт судна. Демонстрация В.В.Путину образца газового гидрата поднятого со дна озера Байкал в негерметичном пробоотборнике

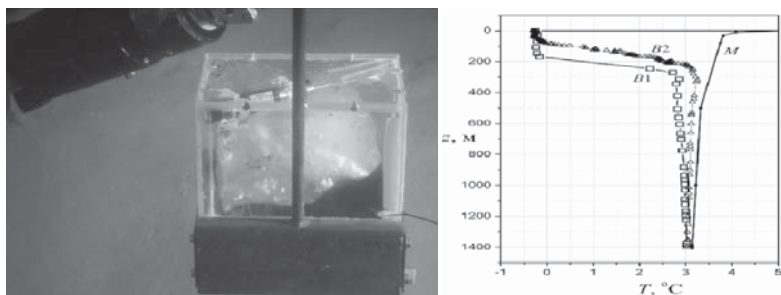


Рис. 3. Справа – прозрачный контейнер с фрагментом газового гидрата. Под крышкой виден термодатчик, в правом углу газоотводная трубка, внизу – грузы для придания отрицательной плавучести, слева – B1 и B2 – данные верхнего и нижнего термодатчиков, M – показания температуры воды аппарата МИР

Третий эксперимент прошел успешно – ГГ были доставлены на борт судна, и получены подтверждения гипотезы о роли температурного эффекта для сохранности ГГ. Так на графике рис. 3, видно, что при пересечении фазовой границы происходит резкое уменьшение температуры в контейнере. Причем в газовой фазе уменьшение температуры ниже 0°C происходит на 120 метров раньше, чем в нижнем сечении контейнера где находятся ГГ с водой. Это связано с дополнительным охлаждением газовой шапки за счет совершения газом работы против внешнего давления при всплытии.

Подобные эксперименты проведены впервые, они закладывают основу для разработки промышленного метода добычи ГГ с помощью простых негерметичных контейнеров.

УДК 504.424.064:623.459

ЛИНЕЙКА ЛЕНДЕРОВ ИО РАН

Егоров А.В., Римский-Корсаков Н.А., Лискин В.П.

Институт океанологии им П.П.Шишова РАН

Нахимовский проспект д.36, 117997, Москва,

тел.: (499) 1245996, факс: (499) 1245983, E-mail: avegorov@ocean.ru

Лендеры предназначены для исследования массообмена через поверхность раздела между литосферой и гидросферой в водоёмах. Он устанавливается на дно водоёма на несколько суток. Основной рабочий элемент – ёмкость в виде перевернутого стакана (бак). Вода в баке установленном на дне находится в непрерывном контакте со дном, в то время как массообмен с другими частями гидросферы исключён. При разности концентраций растворённых веществ в баке и осадке возникает диффузионный перенос в ту или другую сторону. Измеряя изменение концентраций веществ в баке, можно определить величину потока того или иного вещества из гидросферы в осадок или наоборот. Жидкость в баке перемешивается мешалкой для моделирования естественной турбулентности в водоёмах. Концентрация в баке наиболее важного вещества в водоёмах, кислорода, непрерывно измеряется датчиком кислородом, вмонтированным в бак. Концентрация записывается аналого-цифровым устройством RSM-9 для хранения и последующего анализа. Устройство RSM-9 также обеспечивает непрерывное измерение темпе-

ратуры окружающей воды, а также скорость и направления течения. Для измерения изменений концентраций других веществ используются кассеты пробоотборников по 5 пластиковых шприцев объемом 150 мл. В соответствии с командами контроллера и при помощи системы управления пробоотборники отбирают пробы воды из бака через заранее заданные промежутки времени для последующего анализа в лаборатории. В целом эти элементы в том или другом варианте встречаются во всех лендерах для измерения химического обмена через дно.

Лендер ИО РАН имеет ряд особенностей делающих его уникальным представителем семейства лендеров. В частности, кроме описанного рабочего бака (РБ) он имеет контрольный (или фоновый) бак, который вместе со всей инфраструктурой (датчики, мешалки и пробоотборники) полностью идентичен рабочему баку за исключением того, что контрольный бак полностью изолирован от дна и гидросферы. Контрольный бак служит для изучения процессов превращений вещества в гидросфере, которые протекают без участия влияния дна. Данные контрольного бака позволяют получить поправку к данным рабочего бака, которая учитывает эффекты, происходящие в гидросфере.

Первый вариант Лендера ИО РАН также снабжен третьим баком, «гидрохиноновым», для изучения растворения модельных материалов (гидрохинон) в искусственной турбулентной среде внутри бокса, что целесообразно для воспроизведения реальной гидродинамической ситуации. Для этой же цели используется гидрохиноновая кассета, в которой гидрохинон растворяется во внешней среде под действием естественных гидрофизических процессов.

Базовый трех боксовый ледер обладает всеми особенностями для высокоточного измерения химических потоков в шельфовых зонах, где учет влияния гидрофизических условий на величину потока особенно велико. Однако вес и размеры лендера не позволили использовать его при работе с ГОА МИР. Возникла задача уменьшение весо-габаритных характеристик. Эта задача была решена в авральном порядке в экспедиции на "Миры на Байкале" путем отсечения всего лишнего от трех боксового лендера. За счет отказа от двух вспомогательных боксов вес был уменьшен в два раза, а габариты были подогнаны под требования ГОА МИР [1]. Опыт эксплуатации лендеров подсказал, что требуется создание облегченных вариантов для работы в шельфовой зоне и глубоководной модификации для работы с подводными аппаратами. В результате проведенной работы была создана линейка лендеров ИО РАН, трех боксовый ледер (рис. 1), одно боксовый шельфовый (рис. 2) и упрощенный одно боксовый глубоководный (рис. 3). Линейка завершается

лабораторным модулем с которым можно проводить эксперименты по влиянию различных параметров на показания лендера. Например, можно определять величину диффузионного подслоя в условиях постановки эквивалентных натурным. В какой-то степени лабораторный модуль заменяет гидрохиноновый и фоновый боксы.

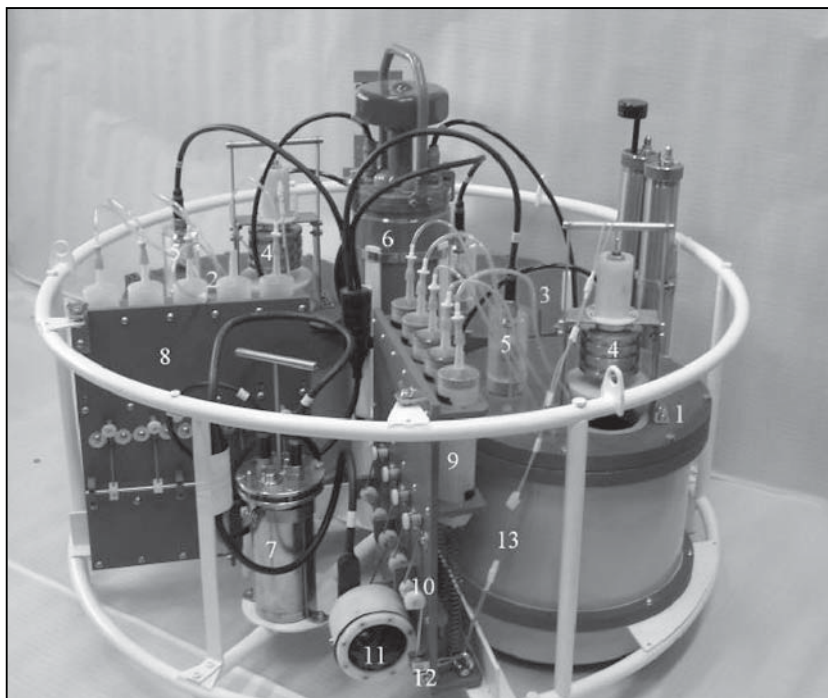


Рис. 1. Трехбковый лендер ИО РАН: 1 – рабочий бокс (РБ), 2 – контрольный или фоновый бокс (ФБ), 3 – бак для разбавления гидрохинона, 4 – крышки баков, 5 – электромагниты мешалок, 6 – RSM-9, 7 – контроллер, 8 – блок пробоотборника, 9 – шприц пробоотборника, 10 – распределительный вал пробоотборника, 11 – электродвигатель распределительного вала, 12 – спусковое устройство, 13 – леска для поддержания крышки бокса в открытом состоянии. На фото кислородные датчики скрыты другими деталями

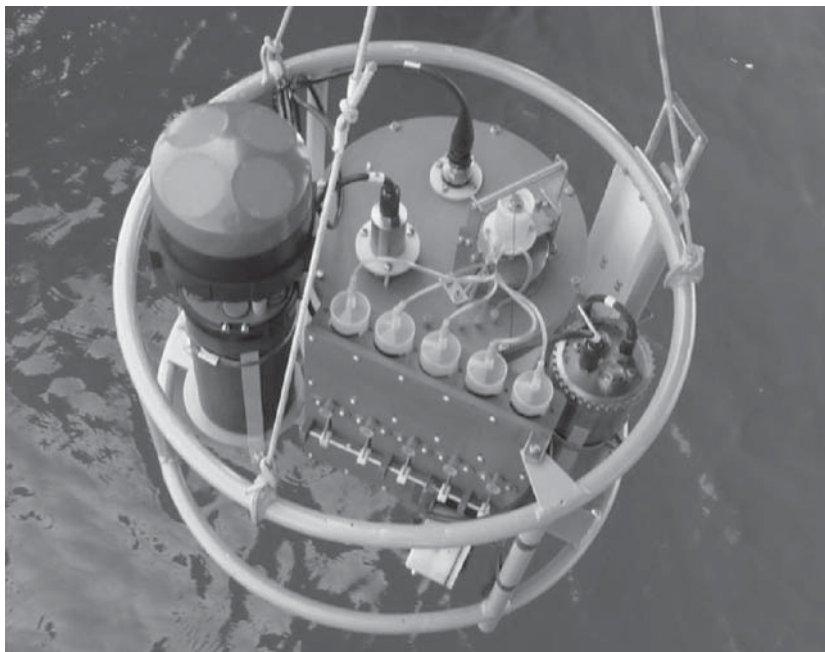


Рис. 2. Одно боксовый лендер для работы с маломерных судов

Линейка состоит из отдельных блоков и узлов, которые могут быть взаимозаменяемыми, что при необходимости позволяет расширять область их применения. Большая часть узлов не имеет ограничений по глубине. Это рама, боксы, блоки автоматического пробоотбора, гидрохиноновые модули, соединительные кабели.

Часть блоков может иметь как глубоководное, так и шельфовое исполнение: датчик кислорода, блок перемешивания, блок питания и управления работы станции, гидрофизический модуль. Установка на шельфовый одно боксовый лендер блоков глубоководного исполнения позволяет использовать его на глубинах до 2000 м. Что, например, для Байкала позволяет проводить прицельную постановку со льда на любые геологические объекты.

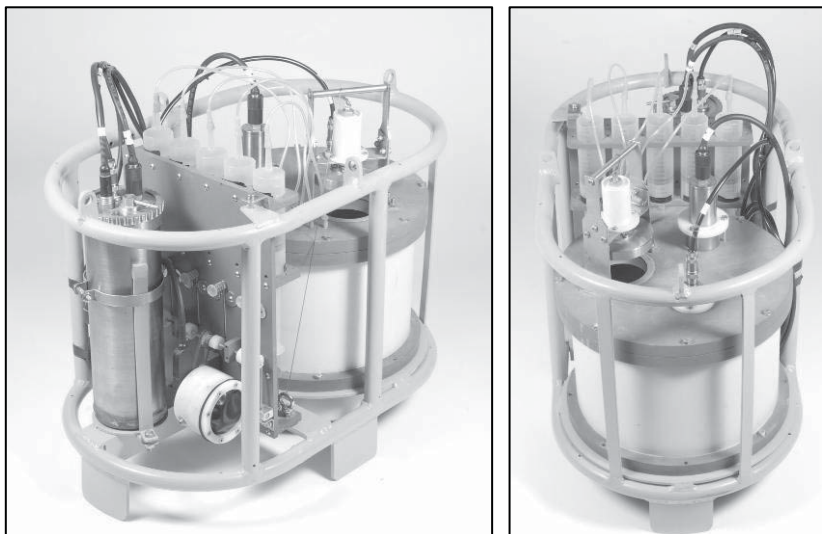


Рис. 3. Облегченная глубоководная модификация лендера ИО РАН для работы с подводными аппаратами

ЛИТЕРАТУРА

Егоров А.В., Римский-Корсаков Н.А., Рожков А.Н., Черняев Е.С., Лискин В.А., Лежнин В.А., Сагалевич А.М. Модификация лендера ИО РАН для работы с глубоководными обитаемыми аппаратами "Мир" (опыт работ на оз. Байкал). //XII Международная научно-техническая конференция «Современные методы и средства океанологических исследований» (МСОИ-2011), Москва, ИОРАН, 23-25 ноября 2011, Материалы конференции. Т.2, С. 101-104.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМОГО МИКРОРОБОТА ГНОМ

Ёлкин А.В., Комаров В.С., Розман Б.Я.

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова (ИО РАН)
Нахимовский пр-кт, 36, 117851, Москва, Россия
8 (499)1256388, kvs@ocean.ru*

It is described development of the family of remote controlled underwater vehicles GNOM, have compact size and flexible cable. All robotics equipped with videocamera, lights, electric thrusters and such sensors as depth meter, compass. Only one operator needed to control this system which can dive till 200m depth.

Впервые работа по разработке и созданию необитаемых телеуправляемых подводных аппаратов в ИОРАН началась в 1994 г. по заданию НИИМЧС[1]. Главной целью работы являлась определение возможности создания поисково-осмотрового малогабаритного аппарата, с помощью которого можно было бы дистанционно проникнуть внутрь затонувшего объекта и провести инспекцию. Кроме того необходимо обследовать на предмет поиска погибших и путей проведения спасательных операций. Поэтому основным требованием было: наличие телевидения и телеуправления, минимизация размеров, с тем, чтобы аппарат мог проникнуть в трещину или иллюминатор, мог осветить внутреннее пространство, что бы приблизить взгляд оператора к действительности. Аналогичные задачи решали исследователи во всём мире подводных исследований. На этом этапе преобладала тенденция к минимизации, упрощению конструкции и обеспечения надёжности. В результате было создано семейство небольших простых НПА, представляющих по сути дела, дистанционную управляемую подводную телевизионную установку. Характерными представителями таких НПА можно назвать: Delta-100 фирмы “Q-1 Incorporated”, Iric фирмы “Intersub Pyromeca Technologies S.A.”, аппараты серии Seaeye фирмы “Seaeye Marine Ltd”, MiniROVER Mk2 b Mk3 фирмы “Benthos”, Seaotter фирмы “J.W.Fishers”, SEAMOR фирмы RSI и др.

Круг возможностей этих аппаратов был ограничен обзорными функциями. Промышленные задачи, в первую очередь нефтедобыча на шельфе, требовали расширять функциональные возможности, как и поисково-обзорные в океанологии. В Лаборатории процессоров и микро-

роботов д.т.н. Утякова Л.Л. такая работа была начата тремя энтузиастами (Розман Б.Я., Комаров В.С., Ёлкин А.В.) и продолжается сейчас на основе самоокупаемости коллективом из 11 человек. В 2001г. было создано инновационное предприятие ООО “Индэл-Партнер”, которое получило грант от Фонда поддержки малых предприятий в научно-технической сфере (фонд Бортника). Это существенно помогло развитию нового направления подводной робототехники, в результате чего был создан успешный и конкурентоспособный коммерческий инновационный продукт, который смог вывести проект на самоокупаемость.

Первые макеты ГНОМов выглядели так:

НАЧАЛО ПРОЕКТА ГНОМ. 1999-2000 Г.



Создание макетов.

Технические характеристики:

Рабочая глубина: 50 м

Скорость движения: до 0,5 узла

Длина кабеля: до 60 м

Вес подводного аппарата в воздухе: 2 кг

Испытания первых макетов позволили определить главные направления технологического усовершенствования. Приходилось изобретать практически всё: от системы цифрового управления 3-4 электромоторами и передачи видеоизображения и команд управления по единому силовому кабелю, до формования плавучести и изготовления плавающего

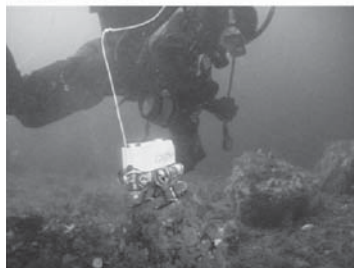
кабеля. Ряд разработок были опубликованы и запатентованы. Этот этап закончился разработкой системы управления ДРК-движительно рулевым комплексом, относительно мощным светодиодным осветителем, плавучим кабелем и бортовым блоком управления с джойстиком. Теперь аппарат можно было смело приспособлять к реальным задачам, для этого была создана базовая модель ГНОМ-Стандарт, которая предполагала различные усовершенствования и модификации.

ГНОМ стандарт

Легкий, маневренный аппарат. Наиболее приспособлен для выполнения разнообразных подводно-осмотровых работ. Может быть оснащен рядом дополнительных устройств

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- Рабочая глубина 120 м
- Маршевая скорость до 3 узлов
- Потребляемая мощность 150 Вт (100-240В 50-60 Гц или +12В)
- Вес подводного модуля 3 кг
- Размеры подводного модуля 310х180х150 мм
- Вес системы 18 кг



БАЗОВАЯ КОМПЛЕКТАЦИЯ

- Двигатели 2 горизонтальных, 1 вертикальный
- Кабель (диаметр 3 мм.), длина 70 м
- Цветная видеокамера 480 твл, 0.5 люкс, цифровой зум и цветовая коррекция с пульта управления
- Датчик глубины/режим "Автоглубина"
- Кластеры светодиодных осветителей
- Надводный блок управления/питания 110-230В 50-60 Гц с джойстиком

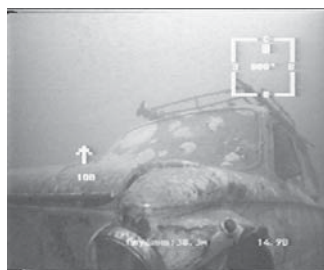
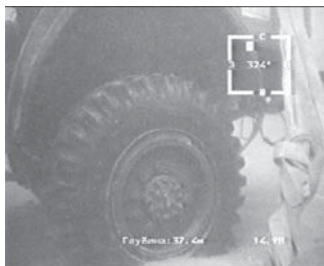
ОПЦИИ

- Катушка со скользящим контактом
- Кабель (диаметр 3 мм., отриц. плавучесть) длина до 200 м
- Кабель (диаметр 5 мм., нейтральная плавучесть) длина до 300 м
- Дополнительный вертикальный движитель
- Привод наклона камеры
- Компас/режим "Автокурс"
- Дополнительная видеокамера с осветителями
- Лазерные указатели
- Наголовный видеодисплей (видеоочки)
- Цифровой видеоманитофон
- Интеграция комплекта оборудования в специализированные кейсы
- Интеграция в блок управления ЖК монитора 15"
- Интеграция в блок управления компьютера (на базе Intel® Atom™)
- Влагозащищенное исполнение блока управления

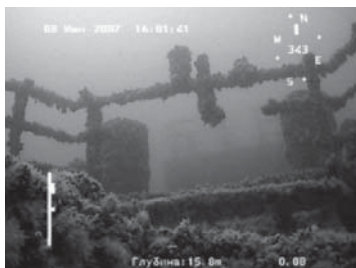
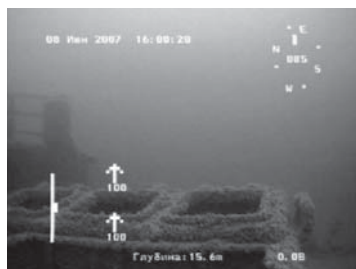


Одной из первых практически значимых работ была работа на Байкале по поиску затонувших объектов – судов и автомашин, провалившихся под лед.

Первые работы в реальных условиях. Экспедиция МЧС по поиску и осмотру потенциально опасных объектов. Озеро Байкал. 2002–2003 г.



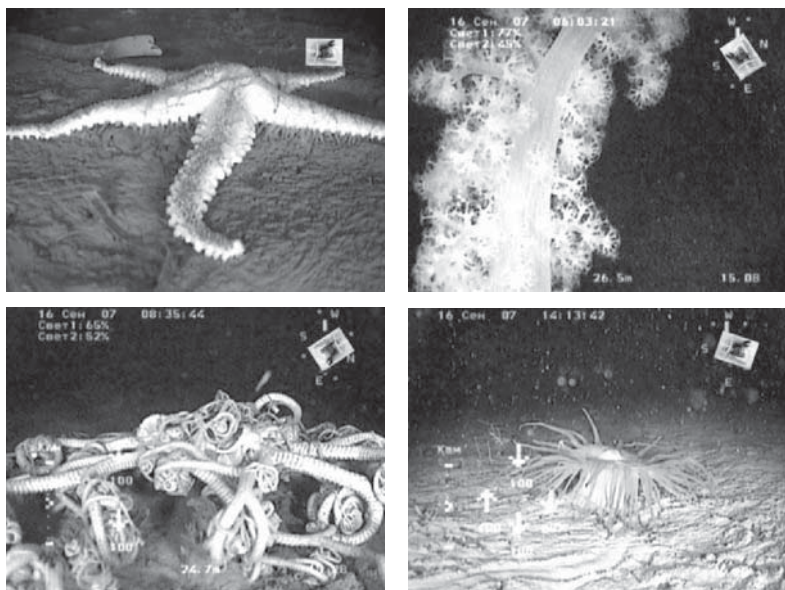
Балтика 2007 г. Осмотр затонувшего судна



Следующей серьёзной работой стала работа на Балтике в районе затонувших судов и транспортов со снарядами, которые до сих пор таят опасность для судоходства. Более того в военное время были затоплены большие запасы отравляющих веществ в металлических корпусах, которые корродируют и разрушаются, что грозит опасностью заражения флоры и ихтиофауны.

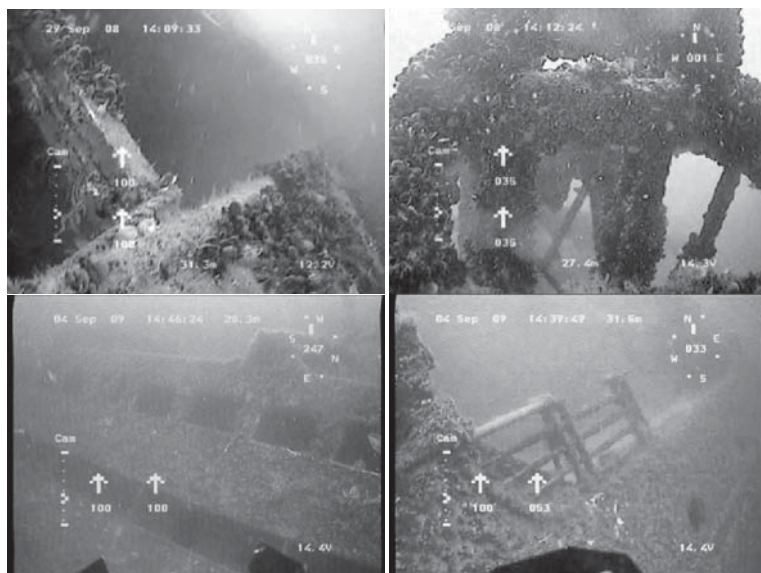
Использование ГНОМов с познавательными научными целями имеет большую перспективу. Так биологические сообщества, колонизирующие прибрежные и центральные рифы труднодоступны во внутренних полостях рифов и потому скрыты от наблюдения. В этом случае ГНОМ незаменимый инструмент наблюдения, т.к. обладая малыми размерами способен проникать в полости рифов. В этой связи стоит задача создания бинокулярного зрения ГНОМу.

Флора и фауна Карского моря. Экспедиция 2007 г.



Все обсуждаемые направления требуют соответствующих функций, которые должно обеспечить новое оборудование.

Черное море. “Адмирал Нахимов”



Ниже на фото представлены несколько моделей ГНОМов и блок управления и регистрации. Стандартно в состав аппарата входит ДРК, осветитель, бобина с кабелем, связывающим ТПА с блоком управления.



Ниже показан блок управления подводным роботом, в который интегрирован **РС-компьютер** в комплекте с сенсорным ЖК монитором диагональю 15". Компьютер оснащен стандартными интерфейсами (USB, Ethernet, COM и др.), аппаратным устройством видеозахвата, а также специальным программным обеспечением для работы со всеми моделями аппаратов ГНОМ.



В результате многократных итераций стало возможным использование любых джойстиков с USB интерфейсом, запись видео и информации на внутренний Flash disk, а также программно-аппаратная обработка видео в реальном времени с использованием набора специальных фильтров, существенно улучшающих качество подводных съемок.

Основная платформа изделия модульно-унифицирована и опирается на вариант ГНОМ стандарт и его минивариант «ГНОМ МИКРО» для особо стеснённых условий.

Более сложные задачи пробоотбора потребовали оснащения манипулятором, увеличили требования к остойчивости аппарата во время манипуляций и главное решения задачи адекватного прицеливания манипулятора. Это не кажется очевидным, т.к. непосредственный объёмный взгляд человека играет роль обратной связи для кинематики манипулятора, тогда как взгляд оператора через дисплей телекамеры лишён глубинного зрения и может контролировать только направление. Особенно сложно манипулировать в воде с плохой видимостью. В этом случае может помочь пространственная стабилизация аппарата и ультразвуковое «видение» – гидролокатор кругового обзора.



СОСТАВ

- Число двигателей: 3
- Кабель: диаметр 3 мм, кевларовое упрочнение, длина до 50м
- Видеокамера: цветная PAL CCD 1/3", 0,5 лк, 450 твл
- Сервопривод наклона камеры
- Осветители: 2 кластера светодиодных осветителей
- Датчик глубины с выводом информации на видеомонитор в режиме "Телетекст"
- Радиоджойстик
- Видеомонитор
- Блок питания и управления
- Транспортировочные кейсы

ГНОМ - микро

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- Рабочая глубина: 50 м
- Скорость горизонтального движения: до 2-х узлов
- Питание: 220В 50Гц, 12В
- Потребляемая мощность: 100 Вт
- Вес подводного модуля в воздухе - 1,5 кг
- Вес полной системы - 12 кг
- Размеры подводного модуля - 210x185x150 мм



СОСТАВ

- Число двигателей: 4
- Кабель: диаметр 3 мм, кевларовое упрочнение, длина 150-200м
- Видеокамера: цветная PAL CCD 1/3", 0,5 лк, 450 твл
- Сервопривод наклона камеры
- Лазерные указатели (дополнительно)
- Осветители: 4 кластера светодиодных осветителей
- Манипулятор (дополнительно)
- Гидролокатор кругового обзора (дополнительно)
- Датчик глубины и компас с выводом информации на видеомонитор в режиме "Телетекст"
- Радиоджойстик
- Видеомонитор
- Блок питания и управления
- Встроенный аккумулятор 12В 12Ач

Супер ГНОМ

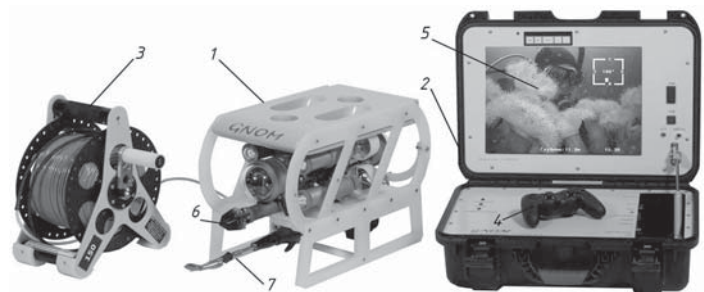
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- Рабочая глубина: 120 м, предельно допустимая 150 м
- Скорость горизонтального движения: до 2-х узлов
- Питание: 220В 50Гц, 12В
- Потребляемая мощность: 200 Вт
- Режим автоматической стабилизации по глубине и курсу
- Вес подводного модуля в воздухе - 4 кг
- Вес полной системы - 30 кг
- Размеры подводного модуля - 330x200x190 мм



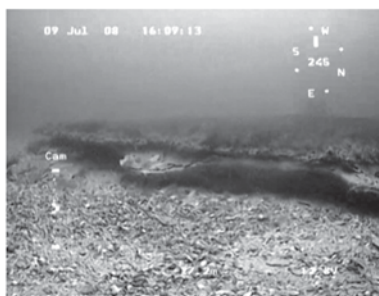
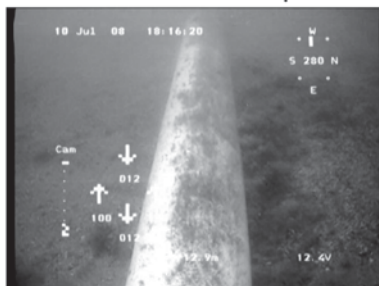
В задачах экомониторинга, когда приходится добывать представителей ихтиофауны, или иных представителей подводного мира, разработан вариант ГНОМ-6 с манипулятором и пневморужьём. Ниже ГНОМ-6 показан за работой на Каспии.

СуперГНОМ 6 оснащенный подводным ружьем с лазерным прицелом



- 1 – Подводный модуль СуперГНОМ 6
- 2 – Блок управления интегрированный в кейс
- 3 – Алюминиевая катушка со скользящим контактом
- 4 – Джойстик
- 5 – ЖК монитор 15"
- 6 – Манипулятор
- 7 – Подводное пневматическое ружье с лазерным прицелом

Экомониторинг на Каспии. 2008- 02012г.



Дальнейшее усовершенствование ГНОМов происходило по пути наращивания энерговооружённости ДРК за счёт использования все более мощных двигателей на базе щёлочноземельных магнитов, повышения напряжения питания на кабеле в целях передачи большей мощности, оснащения новыми плавучими и гибкими кабелями, усовершенствованной системы управления на микроконтроллерах с архитектурой АРМ. Все это делалось под научные задачи, поисково-осмотровые и спасательные работы, а также для технологических инспекций кабелей и трубопроводов. Авария с разливом нефти в Мексиканском заливе показала, что необходим экомониторинг подводных трубопроводов и ликвидированных скважин, затонувших судов, в танках которых находится топливо, захоронений химоружия, контейнеров с ОЯТ и др. объектов глобальной опасности. Его необходимо осуществлять на международном уровне.

Более прозаичная, но чрезвычайно важная экономическая задача – это осмотр состояния днищ и бортов транспортных судов. Известно, что обрастание корпуса судна обеспечивает до 70-80% всего сопротивления движению судна, это не только бесцельные расходы, но и загрязнение атмосферы.

Инспекция, сервис и ремонт подводных портовых и добывающих сооружений, осмотры хозяйственных водоёмов, плотин, дамб водоводов и трубопроводов без остановки эксплуатации, подледные исследования и инспекции состояния ихтиофауны в промысловых водоёмах. Особо следует сказать о мониторинге систем водоснабжения и отстойников на АЭС.

Развивающаяся в последнее время индустрия развлечения (аквапарки и хобби-модели) представляют собой нарождающийся рынок потребителей таких изделий.

Перечисленные применения требуют соответствующих свойств ТПА и специального функционального оборудования, поэтому развитие и усовершенствование ГНОМов происходит по пути оснащения дополнительными возможностями, развивая, как отдельные модули, так и качественный их состав. А именно: установка 2-х лаговых движителей, двухступенного манипулятора – (схват+поворот) с усилием сжатия до 6 кг, дополнительные осветители с сервоприводом наклона (для синхронного наклона с видеокамерой), внешняя видеокамера, гидролокатор кругового обзора Tritech Micron (или аналог), альтиметр (эхолот) той же фирмы, гидроакустическая навигационная система типа Micronav (или аналог), ультразвуковой толщиномер Cygnus, многолучевой сонар (звуковизор) Didson, BlueView и др.

В результате разработок был создан новый многофункциональный носитель СуперГНОМ-ПРО, который позволяет комбинировать различные функциональные модули и управлять ими в комплексе ТПА.

Технические характеристики:

Рабочая глубина: 150 м (до 500 м)

Скорость:

- горизонтального движения: 4 узла
- вертикальная: до 1 узла
- лаговая: до 0.5 узла

Питание: 220В 50Гц.

Потребляемая мощность: 1200 Вт.

Режим автоматической стабилизации по глубине и курсу.

Вес подводного модуля в воздухе (с набором навесного оборудования, не более) – 15 кг.

Вес полной системы (с кабелем длиной 300 м, не более) – 100 кг.

Размеры подводного модуля – 450х300х280 мм.

Состав системы:

Подводный модуль СуперГНОМ Про (рабочая глубина до 150 метров). В том числе:

- движители: 1 вертикальный, 2 горизонтальных (тяга 5 кгс каждый);
- защитная полипропиленовая рама с блоком плавучести;
- цветная видеокамера: 1/3" SONY CCD, 480 ТВлин., 0.3 люкс, цифровой 3-х кратный ZOOM;
- сервопривод наклона видеокамеры $\pm 50^\circ$ (угол обзора по вертикали 190°)
- цифровой компас (функция удержания курса, данные отображаются на мониторе);
- датчик глубины (функция удержания глубины, данные отображаются на мониторе);
- осветители;
- две линейки из 8 сверхярких светодиодов белого свечения.

Общий световой поток – 1560 люмен. Общая мощность 80Вт. Плавная регулировка яркости (100 градаций).

Подводный модуль размещен в герметичном кейсе (вес подводного модуля в кейсе не более 40 кг).



Основной задачей в качественном развитии ТПА ГНОМ представляется создание бинокулярного изображения для оператора с тем, чтобы взгляд телекамеры имел объемную перспективу, приближенную к видению человеческого глаза и, разумеется, увеличения мощности передаваемой по кабелю.

История развития ТПА ГНОМ и достигнутые результаты показывают возможность и реальность создания коммерческого наукоемкого

продукта в сложных российских условиях. Приобретенный опыт может служить моделью создания успешного инновационного продукта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разработка технических предложений по созданию телеуправляемого осмотрового микроробота Шифр 6. Микроробот М., 1994. ИОРА УДК 629.12(075.8)
2. Полезная модель №3745 Телеуправляемый осмотрово-инспекционный подводный аппарат. 16.03.1995.
3. Патент РФ №2127207. Телеуправляемый осмотровый подводный аппарат. 10.03.1999.
4. Патент № 16127. Плавучий кабель.

УДК 551.465

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОЛНЫ, ГЕНЕРИРУЕМЫЕ ПРИ ОБТЕКАНИИ ПРЕПЯТСТВИЙ ДВУХСЛОЙНЫМ ПОТОКОМ КОНЕЧНОЙ ГЛУБИНЫ

Владимиров И.Ю.¹, Корчагин Н.Н.¹, Савин А.С.²

¹*Институт океанологии им. П.П. Шишова РАН, Москва*

²*Государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
Москва; e-mail: e-niknik@mail.ru*

Pattern of surface perturbations arising from the flow of two-layer ideal fluid of finite depth past underwater obstacles is studied. An obstacle is simulated by a point dipole located in the vicinity of the density jump layer (above the jump and below it).

Исследуется волновая структура поверхностных возмущений, возникающих при обтекании подводных препятствий потоком двухслойной идеальной жидкости конечной глубины, ограниченным горизонтальным дном. В качестве препятствия рассматривается цилиндрическое тело, моделируемое точечным диполем с моментом m , локализованным в окрестности слоя скачка плотности, либо под ним, либо над ним. Толщина верхнего слоя H , нижнего – H_1 , а их плотности соответственно ρ_1 и ρ_2 ($\rho_1 < \rho_2$). Начало координат расположено на невозмущенной границе между слоями жидкости, ось x направлена вдоль этой гра-

ницы, а ось y — вертикально вверх. Препятствие локализовано на оси y либо над границей раздела двух слоев (рис. 1), либо под ней. Скорость установившегося потока при $x \rightarrow -\infty$ равна V . Решения задач проводятся в рамках теории малых возмущений.

Вначале рассматривается случай, когда диполь находится под скачком плотности, т.е. в точке $(0, -h)$. Решение ищется в виде разложения комплексно-сопряженной скорости в интеграл Фурье по волновым числам. В итоге для искомой величины возвышения свободной поверхности $\zeta(x)$ получено следующее выражение:

$$\zeta(x) = \frac{m}{\pi V} \int_0^{\infty} \frac{k^2 chk(H_1 - h) \cos kx dk}{chkHchkh_1 \left\{ k^2 + [\delta k^2 + (1 - \delta)v^2] thkHthkh_1 - kv(thkH + thkh_1) \right\}} \quad (1)$$

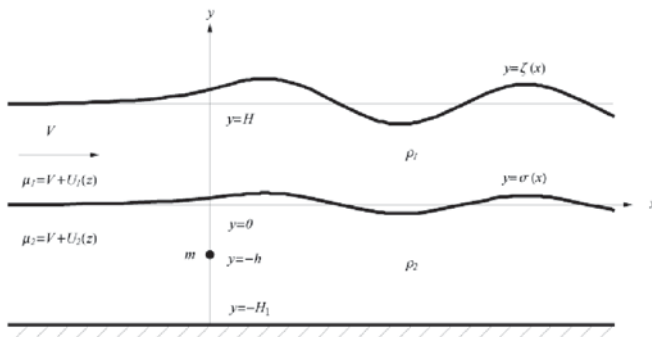


Рис. 1. Обтекание диполя, расположенного в нижнем слое двухслойного потока конечной глубины

Здесь $\delta = \rho_1/\rho_2$, $v = g/V^2$. Далее осуществляется переход к безразмерным переменным:

$$X = vx, Z = \frac{\zeta}{H}, \xi = \frac{k}{v}, M = \frac{m}{VH^2}, E = vH = \frac{gH}{V^2} = \frac{1}{F^2}, \quad (2)$$

$$E_1 = vH_1 = \frac{gH_1}{V^2} = \frac{1}{F_1^2}, E_0 = vh = \frac{gh}{V^2} = \frac{1}{F_0^2},$$

где F, F_1, F_0 — числа Фруда соответственно по глубине верхнего слоя, глубине нижнего слоя и расстоянию от диполя до невозмущенной поверхности раздела. В этих переменных безразмерное возвышение свободной поверхности $Z(X)$, полученное из (1), записывается следующим образом

$$Z(X) = \frac{ME}{\pi} \int_0^\infty \frac{\xi^2 ch(E_1 - E_0) \xi \cos X \xi d\xi}{chE\xi chE_1 \xi \left\{ \xi^2 + [\delta \xi^2 + (1 - \delta)] thE\xi thE_1 \xi - \xi(thE\xi + thE_1 \xi) \right\}} \quad (3)$$

Искомая волновая структура $S(X)$ определяется нулями знаменателя подынтегрального выражения, расположенными на положительной действительной оси, т.е. положительными корнями уравнения

$$\xi^2 + [\delta \xi^2 + (1 - \delta)] thE\xi thE_1 \xi - \xi(thE\xi + thE_1 \xi) = 0. \quad (4)$$

Для вычисления интеграла (3) была разработана оригинальная методика определения количества таких корней. В итоге установлено, что уравнение (4) имеет два положительных корня при условии

$$E > E_{cr}^{bh} = \frac{\beta + 1 + \sqrt{(\beta + 1)^2 - 4\varepsilon\beta}}{2\varepsilon\beta} \quad (5)$$

и хотя бы один положительный корень при

$$E > E_{cr}^{пов.} = \frac{\beta + 1 - \sqrt{(\beta + 1)^2 - 4\varepsilon\beta}}{2\varepsilon\beta} \quad (6)$$

где $\varepsilon = 1 - \delta = (\rho_2 - \rho_1) / \rho_2$ — относительный перепад плотности между слоями, $\beta = H_1 / H = E_1 / E$. Интегрирование в (3) проводится с помощью теории вычетов и в результате для $S(X)$ получается следующее выражение:

$$S(X) = -2ME \sum_{j=1}^s \frac{g_1(\xi_j)}{g_2'(\xi_j)} \sin \xi_j X.$$

Здесь ξ_j — корни уравнения (4), s — их количество,

$$g_1(\xi, E, \gamma, \beta) = \frac{\xi^2 ch(\beta - \gamma) E \xi}{chE\xi ch\beta E \xi}, \quad g_2(\xi, \varepsilon, E, \beta) =$$

$$= \xi^2 + [(1 - \varepsilon)\xi^2 + \varepsilon] thE\xi th\beta E \xi - \xi(thE\xi + th\beta E \xi),$$

где $\gamma = h/H = E_0/E$. Таким образом, при $E > E_{cr}^{bh}$ волновые возмущения представляют сумму двух мод — внутренней (возникающей из-за наличия слоя скачка) и поверхностной (за счет непосредственного обтекания препятствия). Первая мода соответствует меньшему корню ξ_1 , вторая — большему ξ_2 . В случае $E_{cr}^{пов.} < E < E_{cr}^{bh}$ $S(X)$ состоит лишь из одной поверхностной моды, а при $E < E_{cr}^{пов.}$ поверхностные волны не образуются и $S(X) \equiv 0$.

Следовательно, внутренняя мода возникает при $E > E_{cr}^{bh}$ или

$$V < V_{cr}^{BH} = \sqrt{\frac{gH(\beta + 1 - \sqrt{(\beta + 1)^2 - 4\epsilon\beta})}{2}}, \quad (7)$$

а поверхностная – при $E > E_{cr}^{ноб.}$, т. е. если

$$V < V_{cr}^{ноб.} = \sqrt{\frac{gH(\beta + 1 + \sqrt{(\beta + 1)^2 - 4\epsilon\beta})}{2}}. \quad (8)$$

Отметим, что $V_{cr}^{BH} < V_{cr}^{ноб.}$.

В аналогичной постановке исследована задача о генерации поверхностных возмущений обтекаемым препятствием, моделируемым точечным диполем, который расположен над скачком плотности, т.е. в точке $(0, h)$ ($0 < h < H$). Показано, что в переменных (2) для безразмерной величины отклонения свободной границы справедливо следующее представление:

$$Z(X) = \frac{ME}{2\pi} \frac{X^2 - (E - E_0)^2}{(X^2 + (E - E_0)^2)^2} - \frac{ME}{2\pi} \int_0^\infty \frac{g_1(\xi, E, E_0, E_1, \epsilon)}{g_2(\xi, E, E_1, \epsilon)} \cos X\xi d\xi, \quad (9)$$

где

$$\begin{aligned} g_1(\xi, E, E_0, E_1, \epsilon) &= \xi \left\{ e^{-\epsilon\xi} [((1-\epsilon)\xi + \epsilon)thE_1\xi - \xi] \cdot [ch(E - E_0)\xi - \right. \\ &\quad \left. - \xi sh(E - E_0)\xi] + (\xi + 1) \{ [\epsilon chE_0\xi - (1-\epsilon)\xi shE_0\xi] thE_1\xi - \xi chE_0\xi \} \right\} / chE\xi, \\ g_2(\xi, E, E_1, \epsilon) &= \xi^2 + [(1-\epsilon)\xi^2 + \epsilon] thE\xi thE_1\xi - \xi(thE\xi + thE_1\xi). \end{aligned}$$

Поскольку подынтегральные выражения в (3) и (9) имеют одни и те же полюса, расположенные на положительной действительной оси, то волновая структура возмущений свободной поверхности, возникающих при обтекании препятствия над слоем скачка, будет определяться тем же количеством мод и теми же волновыми числами, что и в рассмотренном выше случае его локализации под слоем скачка. Следовательно, критерии существования внутренней и поверхностной мод останутся неизменными (см. (5–6) или (7–8)).

С помощью теории вычетов получено следующее выражение для волновой части поверхностных возмущений за обтекаемым препятствием:

$$S(X) = ME \sum_{j=1}^s \frac{g_1(\xi_j)}{g'_2(\xi_j)} \sin \xi_j X.$$

Здесь, как и выше, ξ_j — положительные корни уравнения (4), а s — их количество.

Расчеты амплитуд возмущений велись при значениях характеристик среды, соответствующих реальным условиям моря. Так, плотность верхнего слоя $\rho_1=1023 \text{ кг/м}^3$, а плотность нижнего выбиралась, начиная с $\rho_2=1024 \text{ кг/м}^3$ и больше. Таким значениям плотностей соответствует минимальное значение параметра ϵ равное 0.001. Момент диполя m был выбран пропорциональным скорости потока V : $m/V=1600 \text{ м}^2$. Невозмущенное положение скачка плотности соответствовало глубинам $H=50 \text{ м}$ и $H=70 \text{ м}$, а локализация препятствия (диполя) ограничивалась тремя горизонтами: $h=7,4$ и 1 м как над скачком, так и под ним.

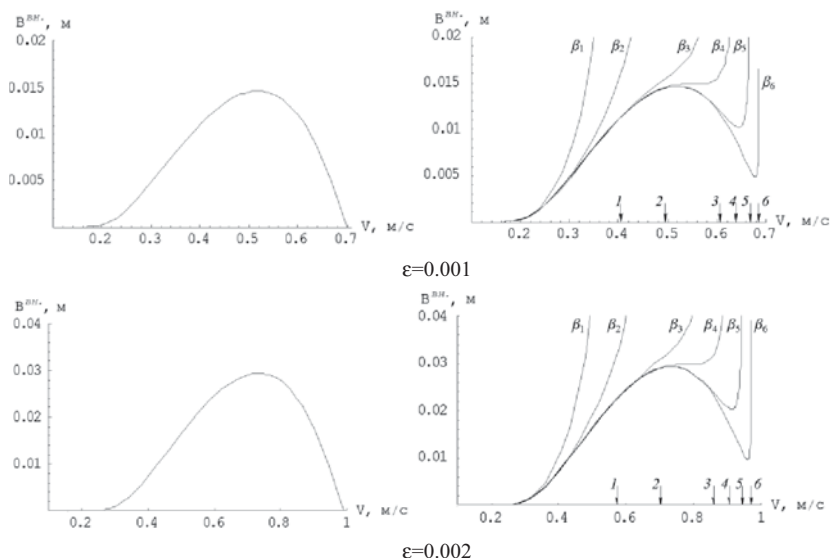


Рис. 2. Амплитуды внутренней моды поверхностных возмущений при обтекании препятствия под слоем скачка плотности при бесконечной (левые графики) и конечной (правые) глубинах для шести значений β (соотношения толщин нижнего и верхнего слоев двухслойной жидкости); $\beta_1=0.5$, $\beta_2=1$, $\beta_3=3$, $\beta_4=5$, $\beta_5=10$, $\beta_6=25$

На рис. 2–4 для случая $H=50 \text{ м}$, $h=4 \text{ м}$ приведены графики зависимости амплитуд поверхностных волн B от скорости набегающего потока V

при различных значениях параметров ϵ и β . На этих графиках видно, что возмущения за счет внутренней и поверхностной мод проявляются на интервалах скорости потока, существенно разнесенных между собой: $0 - V_{cr}^{BH}$ и 6.5–8.5 м/с соответственно, далее выходя из области линейности задачи (при больших скоростях поверхностные волны перестают корректно описываться теорией малых возмущений). В первом интервале (при меньших скоростях) “работает” внутренняя мода, во втором — поверхностная. Причем для внутренней моды характерно расширение диапазона ее существования при увеличении мощности слоя скачка плотности ϵ , что соответствует критерию ее возникновения (7) (или (5)).

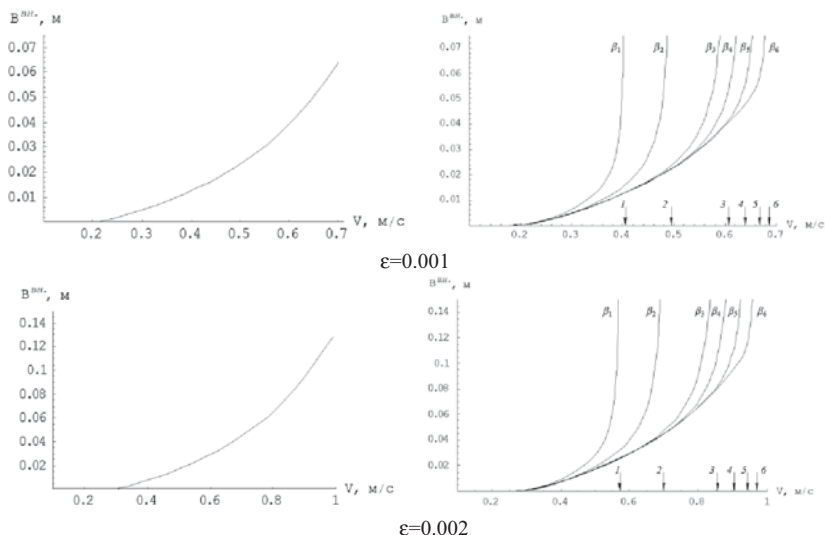


Рис. 3. Амплитуды внутренней моды поверхностных возмущений при обтекании препятствия под слоем скачка плотности при бесконечной (левые графики) и конечной (правые) глубинах для шести значений β (соотношения толщин нижнего и верхнего слоев двухслойной жидкости) $\beta_1=0.5$, $\beta_2=1$, $\beta_3=3$, $\beta_4=5$, $\beta_5=10$, $\beta_6=25$

В целях наглядности сравнения амплитуд $B(V)$ при обтекании препятствия потоками бесконечной и конечной глубины графики на рис. 2–4 представлены парами (соответственно, слева и справа). Результаты расчетов амплитуды внутренней моды для случая локализации диполя

под слоем скачка и над ним приведены на рис. 2 и 3 соответственно. Пары графиков построены для трех значений мощности скачка ϵ , а правые графики — для шести значений параметра $\beta \in \{0.001, 0.002\}$, $\beta \in \{0.5, 1, 3, 5, 10, 25\}$. Для каждого значения β стрелкой с цифрой равной номеру индекса u β указано значение критической скорости (максимальной скорости потока V , при которой возникает внутренняя мода).

Для поверхностной моды (рис. 4) верхняя пара графиков соответствует обтеканию препятствия под слоем скачка, а нижняя — над ним. Величины ϵ были выбраны теми же самыми, что и в случае внутренней моды, а $\beta \in \{0.5, 2, 10\}$. Как видно, для каждого фиксированного положения препятствия в потоке конечной глубины кривые на правых графиках, соответствующие различным значениям ϵ и β , сливаются. Это указывает на то, что амплитуды поверхностной моды практически не зависят от мощности слоя скачка плотности ϵ (в диапазоне значений ϵ , характерном для реальных морских условий) и от соотношения толщин нижнего и верхнего слоев β при $\beta > 0.5$. Таким образом, в этом случае глубинные возмущения при выходе на поверхность “не замечают” плотностную неоднородность и наличие у потока нижней границы.

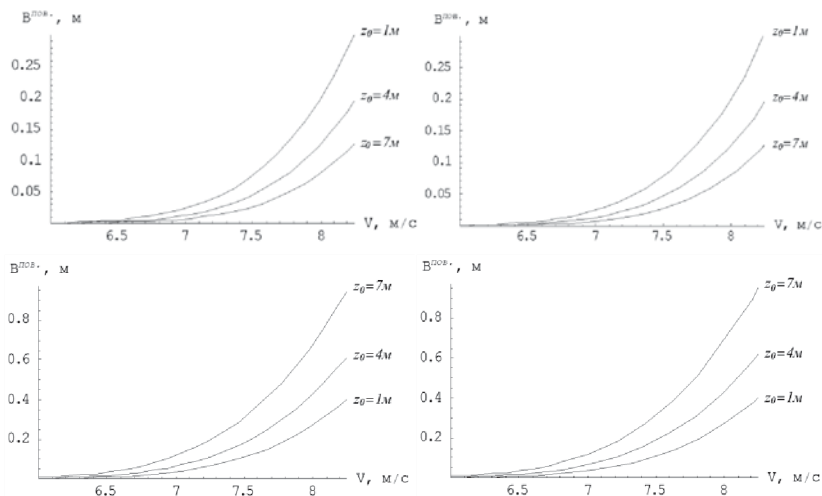


Рис. 4. Амплитуды поверхностной моды при обтекании препятствия под слоем скачка плотности (верхняя пара графиков) и над ним (нижняя пара)

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Л

Lauran Plevier, 205

А

Авилов В.И., 206
Агафонов А. В., 103
Акманова Д.Р., 40
Алексанин А.И., 96
Анисимова Л.А., 237
Арсентьев В.Г., 258
Архипов В.И., 178, 181
Атаджанова О.А., 283
Афанасьев М.С., 60, 62, 65, 68

Б

Балак С.С., 58
Баранов В. С., 103
Беликов Р.А., 134
Белькович В.М., 134
Бобров К.А., 246
Бубин А.Р., 258
Бурдун И.Е., 258
Бурыкин С.Н., 178, 181

В

Вайншток А.П., 45
Васильев А.Н., 242
Владимиров И.Ю., 314
Вязилов Е.Д., 33

Г

Гайский В.А., 175
Гайский П.В., 175
Гасников О.А., 37
Гитис В.Г., 45
Гольдин Ю.А., 242
Горбунов О.Н., 223
Горлов А.А., 76, 82, 87
Гуреев Б.А., 242

Д

Дерендяев А.Б., 45
Джамбеков А.М., 162
Дунчевская С.В., 127

Е

Егоров А.В., 269, 286, 288, 290,
294, 298
Егоров С.А., 273, 277, 281
Ёлкин А.В., 303
Ермолицкая М.З., 211
Есина О.И., 227
Есюкова Е.Е., 249

Ж

Жегулин Г.В., 283
Жулёва Е.В., 40, 201

З

Забавников В.Б., 219
Зарецкий А.В., 14, 20, 26
Зимин А.В., 283
Зуева А.Н., 256

И

Игнатов Е.И., 201
Игумнова Д.А., 114
Иноземцев В.В., 277

К

Карабашева Э.И., 60, 62
Качур В.А., 96
Кобелев А.Е., 22
Ковалева Е.С., 269
Коваленко В.В., 258
Ковачев С.А., 223
Ковчин И.С., 266
Ковчин М.И., 266
Козлов И.Е., 283
Комаров В.С., 105, 109, 303

Коновалов С.К., 193
Корчагин Н.Н., 314
Красносельский С.А., 70
Криволапов Г.И., 258
Кропотов А.Н., 73
Крылов А.А., 223
Крымцев О.А., 150
Куренков Г.И., 142
Куценко А.С., 273, 277

Л

Лежнин В.А., 286, 288
Леонов А.В., 158
Лискин В.А., 286, 288, 290
Лискин В.П., 298
Лобковский Л.И., 223

М

Макашов А.А., 73
Маслянкин Г.Е., 178, 181
Мельников В.А., 252
Мельников Д.А., 33
Мельникова В.А., 237
Метальников А.А., 14, 20, 26, 40,
49
Михайлов Н.Н., 33, 45
Моисеев Д.В., 246
Моисеенко О.Г., 193, 197
Молчанов А.В., 277
Монахов С.К., 231
Монахова Г.А., 231
Мышерин А.В., 178, 181
Мясоедов А.Г., 283

Н

Нагорнюк К.Е., 53
Нерсесов Б.А., 60, 62, 68
Никитин Г.А., 164
Новиков М.А., 185
Новиков Ю.В., 20, 26

О

Орехова Н.А., 193, 197

П

Пелипенко И.И., 277
Плешаков Д.И., 256
Плясунов В.М., 73
Подгорный К.А., 154, 158
Покрышкин А.А., 26, 54
Полищук И.А., 178, 181
Попов А.П., 26
Попова Н.В., 227
Пронин А.А., 286

Р

Радованова И.Г., 227
Рашидов В.А., 40
Римский-Корсаков Н.А., 256, 290,
294, 298
Рогожников А.В., 100
Родионов А.А., 283
Рожков А.Н., 294
Розман Б.Я., 303
Романенков Д.А., 283

С

Савенкова В.В., 100
Савин А.С., 314
Салюк П.А., 96
Сахарова Е.И., 73
Свиридов С.А., 14, 26, 54
Селифонова Ж.П., 189
Серых В.Я., 82, 87
Синёва А.А., 215
Скляров В.Е., 93
Соколова А.М., 237
Соловьев В.А., 14, 20
Соловьёв В.А., 26
Ставров К.Г., 37
Степанова Н.Б., 249
Степанюк А.И., 266

Суслов А.В., 227
Сычев В.А., 120, 123, 127, 131

Т

Татарников В.О., 227
Трусевич В.В., 175

Ф

Фазлуллин С.М., 127

Ч

Часовников В.К., 171
Черкашин С.В., 262
Черненко К.В., 277, 281

Чернецкий А. Д., 103

Чернова А.В., 58
Черноок В.И., 242
Чернышова Н.С., 227
Чесалова Е.И., 40
Чубаренко И.П., 249

Ш

Шавырин И.А., 100

Я

Ясакова О.Н., 167, 171
Яхонтов Б.О., 138, 142, 146

Научное издание

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

«СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА
ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ»
(МСОИ-2013)

Том II

Подписано в печать 02.04.2013.
Формат 60х84/16. Усл. печ. л. 18,83.
Тираж 200 экз. Заказ № 27/2

ООО «АПР». 127083, Москва, ул. 8 марта, д. 10, стр. 3. Тел. (495) 799-48-85