

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

XII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ



«СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ» (МСОИ-2011)

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Том I

МОСКВА 2011

УДК 551.46.07
ББК 26.221, М 34

Современные методы и средства океанологических исследований.

Материалы XII Международной научно-технической конференции «МСОИ-2011»: в 2 т. - М. АПР, 2011.

ISBN 978-5-904761-21-9

Том 1 - 215 с. : цв. ил. ISBN 978-5-904761-22-6

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

В томе I рассмотрены гидрофизические подводные измерительные приборы и комплексы, методы зондирования, технологии геолого-геофизических ресурсных исследований в океане, средства и методы экологического мониторинга морей и прибрежной зоны.

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, the means and methods of ecological monitoring of seas and coastal areas.

**Конференция проводится при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 11-05-06037),
Отделения наук о Земле РАН.**

Редакционная коллегия: д.т.н. Римский-Корсаков Н.А.,
д.г.н. Жулёва Е.В., к.т.н. Зарецкий А.В.

Все доклады публикуются в авторской редакции.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ «МСОИ-2011»

- | | |
|----------------------------------|--|
| 1. Лаверов Н.П. | академик, вице-президент РАН, <i>председатель</i> |
| 2. Нигматулин Р.И. | академик РАН, директор ИО РАН, <i>сопредседатель</i> |
| 3. Смирнов Г.В. | академик РАН, зав. лабораторией ИО РАН, <i>сопредседатель</i> |
| 4. Римский-Корсаков Н.А. | д.т.н., зам. директора ИО РАН, <i>сопредседатель</i> |
| 5. Еремеев В.Н. | академик НАНУ, директор «Центра морских исследований» (Украина), <i>сопредседатель</i> |
| 6. Нерсесов Б.А. | д.т.н., гл.н.с., ИО РАН, <i>сопредседатель</i> |
| 7. Зарецкий А.В. | к.т.н., вед.н.с., ИО РАН, <i>ученый секретарь</i> |
| <u><i>члены Оргкомитета:</i></u> | |
| 8. Алексеев А.В. | чл.-корр. РАН, гл.н.с. ИО РАН |
| 9. Саркисян А.С. | академик РАН |
| 10. Жмур В.В. | д.ф.-м.н., нач. управления РФФИ |
| 11. Марш Ричард | директор фирмы «Tritech» (Великобритания) |
| 12. Фишер Джек | директор фирмы «JW FISHER MFG» (США) |
| 13. Коллинз Марк | директор фирмы «SMD Hydrovision» (Шотландия) |
| 14. Хони Джон | директор фирмы «Shark Marin» (Канада) |
| 15. Дуков Никола | президент компании «Геосервис» (Болгария) |
| 16. Иванов В.А. | академик НАНУ, директор Морского гидрофизического института (Украина) |
| 17. Грачев Ю.М. | к.ф.-м.н., зам. директора ИО РАН |
| 18. Пронкин А.П. | ген. директор НПО «Южморгеология» |
| 19. Владимиров М.В. | зам. директора департамента МЧС РФ |
| 20. Лобковский Л.И. | чл.-корр. РАН, зам. директора ИО РАН |
| 21. Флинт М.В. | д.б.н., зам. директора ИО РАН |
| 22. Добролюбов С.А. | чл.-корр. РАН, зам декана географического факультета МГУ |
| 23. Суконкин С.Я. | к.т.н., директор «ОКБ океанологической техники» РАН |
| 24. Вельтищев В.В. | к.т.н., зав. каф. МГТУ им.Н.Э. Баумана |
| 25. Смирнов А.В. | к.т.н., ученый секретарь НИИСМ МГТУ им.Н.Э. Баумана |

СОДЕРЖАНИЕ

Содержание	4
I. ГИДРОФИЗИКА, ПОДВОДНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И КОМПЛЕКСЫ, МЕТОДЫ ЗОНДИРОВАНИЯ ОКЕАНА	
1. Мельников В.А., Зацепин А.Г., Костяной А.Г. Гидрофизический полигон на Черном море	9
2. Лупачев Ю.В. Уточнение схемы «обращения без вращения» в теории возникновения приливообразующих сил на Земле	13
3. Щевьев В. А. Долгопериодные волновые течения (волны Россби). Физическая сущность	17
4. Щевьев В. А. Роль термохалинных течений в океане и в морях	21
5. Бондаренко А.Л. О природе течений Мирового океана и что измеряется с помощью приборов	25
6. Дзвонковская А.Л. Наблюдение цунами у берегов Чили средствами коротковолнового радара после землетрясения в Японии 11 марта 2011	28
7. Хартиев С.М., Соловьев А.Н., Матишов Д.Г, Ольшанская Е.В., Григоренко К.С., Соловьева А.А. Исследования условий существования, диссипации и устойчивости внутренних волн в непрерывно стратифицированном океане	31
8. Сихарулидзе Д.К., Низов С.С. Распространение плотностного течения по горизонтальному дну	34
9. Амбросимов А.К., Либина Н.В., Никитин Г.А. О возможности повышения информативности гидрофизических исследований	38
10. Барканова Т.Б., Ванюшин Г.П., Коробочка А.А. Мониторинг температуры поверхности океана в Юго-Западной Атлантике по спутниковым данным	41
11. Буланов В.А., Корсков И.В., Стороженко А.В. Исследования рассеяния звука в приповерхностном слое мелкого моря	47
12. Есюкова Е.Е., Лейцина Л.В., Чубаренко Б.В. Влияния ветровых нагрузок на особенности горизонтального водообмена в Вислинском заливе Балтийского моря	51
13. Чубаренко И.П., Баудлер Х. Холодные интрузии в промежуточный слой: физика Байкала в условиях ХПС Балтики?	54

14. Жукова С.В., Шишкин В.М., Куропаткин А.П., Лутынская Л.А., Фоменко И.Ф., Подмарева Т.И., Бурлачко Д.С. Анализ структуры полей температуры и прозрачности по данным экспедиционных исследований и спутникового мониторинга Азовского моря	59
15. Куропаткин А.П., Жукова С.В., Шишкин В.М., Бурлачко Д.С., Лутынская Л.А., Фоменко И. Ф., Подмарева Т.И. Исследование пространственно-временной структуры стратификации вод Азовского моря	62
16. Жукова С.В., Шишкин В.М., Куропаткин А.П., Лутынская Л.А., Фоменко И.Ф., Подмарева Т.И., Бурлачко Д.С. Термический режим северо-восточной части Черного моря в 2001-2010 гг.	66
17. Жукова С.В., Шишкин В.М., Куропаткин А.П., Лутынская Л.А., Фоменко И.Ф., Подмарева Т.И., Бурлачко Д.С. Пространственно-временная изменчивость солености и прозрачности северо-восточной части Черного моря в современный период	71
18. Филатова Т.Б. Гидрохимические исследования в прибрежной и мористой частях Чёрного моря (результаты экспедиций 2007-2008 гг.)	75
19. Тараканов Р.Ю., Гриценко А.М. Структура фронтов в районе к югу от Африки по данным гидрофизического разреза в декабре 2009 г. и спутниковой альтиметрии	78
20. Федотов Г.А. Теоретические оценки качества компенсации вибрационных помех комбинационным методом при неидентичности гидрофизических преобразователей поля скорости	80
21. Каевецер В.И., Кривцов А.П., Разманов В.М., Смольянинов И.В., Элбакидзе А.В. О профилировании неоднородностей водной среды гидролокатором бокового обзора	83
22. Горбацкий В.В. Измерения параметров морских течений доплеровским радиолокатором	87
23. Казанцев С.В., Казанцева Т.В. Исследование влияния аксессуаров на метрологические характеристики измерителей скорости потока	90
24. Жемков Е.И. Метод и устройство гидростатического измерителя плотности морской воды	95
25. Греков А.Н. Морской измеритель скорости и направления течения ИСТ-1М	98

26. Черевко И.В., Розанов А.Г. Лендеры в шведских фьордах для исследования химического обмена на границе вода-дно	102
27. Смирнов Г.В., Аистов Е.А., Оленин А.Л. Многоканальный гидролого-оптико-химический комплекс	104

II. ТЕХНОЛОГИИ ГЕЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РЕСУРСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОКЕАНЕ

28. Левченко Д.Г., Белов С.В., Гвоздецкий А.Л., Зубко Ю.Н., Червинчук С.Ю., Суконкин С.Я. Длительный сейсмологический мониторинг и регистрация катастрофических землетрясений донными сейсмографами ИО РАН	107
29. Левченко Д.Г., Зубко Ю.Н. Широкополосный донный сейсмограф с расширенными эксплуатационными возможностями	111
30. Лазарев В.А., Малеханов А.И., Мерклин Л.Р., Романова В.И., 1. Хилько А.И. Когерентное сейсмоакустическое зондирование морского дна	113
31. Амбросимов А.К. Палеоканалы на дне Каспийского моря	123
32. Амбросимов А.К. К вопросу о генезисе апвеллинга у восточного побережья среднего Каспия	126
33. Каевницер В.И., Кривцов А.П., Разманов В.М., Смольянинов И.В., Элбакидзе А.В. Подводные грязевые вулканы Таманского полуострова на данных гидролокационных исследований	131
34. Ракитин И.Я. Геологический пробоотбор в Каспийском море, возникшие технические проблемы и способы их решения	133
35. Егоров А.В., Рожков А.Н., Сагалевиц А.М., Черняев Е.С. Методика исследования глубоководных метановых пузырей в озере Байкал аппаратами «Мир» с помощью ловушек	138
36. Бриллиантов А.Н., Глотко А.В., Жуков Г.Д., Каргаполова И.Н. Влияние качества построения цифровой модели рельефа на анализ причин разрывов подводных переходов трубопроводов	141
37. Афанасьев М.С. Перспективные технологии создания наноразмерных датчиков магнитных полей	150
38. Снегирев В.П. Применение радиационных технологий для анализа минерального сырья	154
39. Либина Н.В., Черников А.Г. Применение метода марковской гипсометрии при морских геологических исследованиях	158

III. ПРИБРЕЖНАЯ И МОРСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

40. Левченко В.А., Гуреев Б.А., Гольдин Ю.А., Копелевич О.В. Многофункциональный флуорометрический лидар ИО РАН в составе системы обнаружения и идентификации нефтяных загрязнений морской среды	163
41. Авилов В.И., Авилова С.Д. Роль комплексной технологии в геоэкологии океана	167
42. Авилов В.И., Авилова С.Д. Геоэкологические исследования водных ресурсов	170
43. Ступникова А.Н., Кулагин Д.Н., Мошаров С.А., Верещака А.Л. Применение молекулярно-генетических методов для решения задач биоокеанологии	173
44. Буланов В.А., Стороженко А.В. Акустическое зондирование распределения планктона в море	176
45. Левашов Д.Е., Буланова Н.П. Инструментальный мониторинг мезопланктона и гидробиологические зонды серии "ТРАП"	180
46. Левченко В.А., Гольдин Ю.А., Копелевич О.В. Система обнаружения и идентификации нефтяных загрязнений морской среды	183
47. Ермолицкая М.З. Исследование состояния морских вод залива Находка	187
48. Селифонова Ж.П. Чужеродные виды фауны в биоразнообразии и продуктивности северо-восточного шельфа Черного моря	189
49. Халиков И.С., Пронин А.А. Результаты исследования химического загрязнения в районах нахождения подводных потенциально опасных объектов в российском секторе Азово-Черноморского бассейна	193
50. Джалилов А.Г. Оценка кормовой базы мальков осетровых в районе Устье–Куры Каспийского моря	197
51. Чистяков А.Е. Зоны анаэробного заражения в Азовском море	201
52. Подгорный К.А., Леонов А.В. Разработка пространственно-неоднородной имитационной математической модели для исследования процессов биотрансформации форм азота, фосфора и динамики растворенного кислорода в водах Невской губы Финского залива	205
53. Свистунова Л.Д. Планктонные коловратки Керченского пролива (по результатам комплексной экспедиции, август 2008) ...	209
Авторский указатель	213

ДОКЛАДЫ

І. ГИДРОФИЗИКА, ПОДВОДНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И КОМПЛЕКСЫ, МЕТОДЫ ЗОНДИРОВАНИЯ ОКЕАНА

ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН НА ЧЕРНОМ МОРЕ

Мельников В.А., Зацепин А.Г., Костяной А.Г.

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН;
Россия, 117997, г. Москва, Нахимовский проспект, 36;.
тел.: +7 499 124 63 83; факс: +7 499 124 63 83;
e-mail: vmelnikov@ocean.ru , zatsepin@ocean.ru ,
kostianoy@ocean.ru*

North-East Black Sea atmosphere-sea interacting system is of great interest. On the basis of the Shirshov Institute of Oceanology South Branch infrastructure, the modern measuring network, using contact and remote sensing methods is under the development. Currently, scientific facility includes the coastal weather station, temperature and sea level sensors, a variety of hydro-physical probes. Various satellite data are used. An important objective is an inter-calibration of the contact and remote gauges. Basing on estimates of statistical relationships between various parameters of the hydro-meteorological system, we obtain new insight into the nature of dynamic processes at different scales.

Изучение гидрофизической системы северо-восточной части Черного моря во взаимодействии с атмосферой представляет большой интерес, но является сложной задачей, требующей систематического подхода. Для решения необходимы: а) развертывание адекватной изучаемым пространственно-временным масштабам динамических процессов современной измерительной сети с использованием контактных и дистанционных зондирований; б) создание инфраструктуры для обеспечения сбора, передачи, хранения данных; в) применение современных гидродинамических моделей с усвоением данных измерений для интерполяции полевых параметров на требуемую при анализе процессов сетку по времени и по пространству.

В рамках некоторых проектов по исследованию системы атмосфера-море в северо-восточной части Черного моря, на базе Южного отделения Института океанологии РАН, создан опытный морской Полигон (далее Полигон), предназначенный для автомати-

зирования мониторинга гидрометеорологических параметров. В настоящее время измерительный комплекс включает в себя береговую метеостанцию (Геленджикская бухта), датчики температуры и уровня моря на пирсе в Голубой бухте, датчик температуры на закоряженном

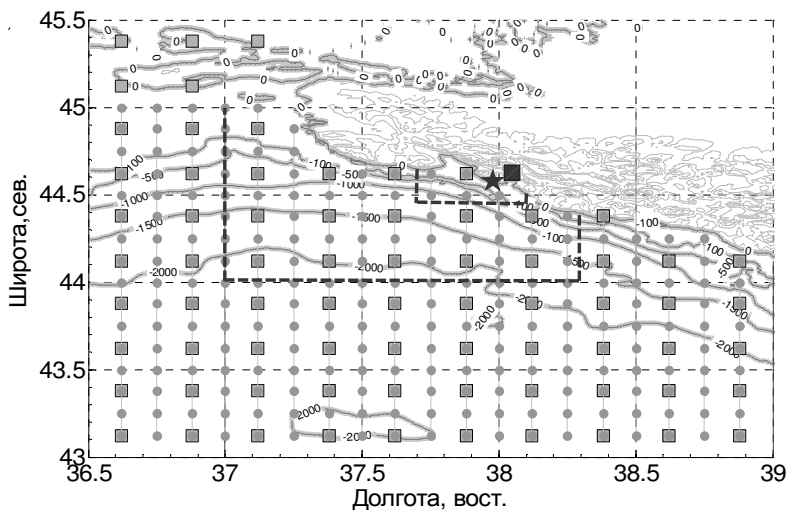


Рис. 1. Гидрофизический полигон в северо-восточной части Черного моря. Условные обозначения: звездочка – причал ИО РАН (44.58°N, 37.98°E, Голубая бухта); черный квадрат – метеостанция (44.55°N, 38.05°E, г. Геленджик); серые квадраты – ряды спутниковой ТПМ, 1985-2010 гг., (nightly SST, AVHRR, NOAA); точки - ряды аномалий уровня моря (Black Sea MSLA, AVISO products); жирные линии - изолинии глубины моря; тонкие линии - изолинии (без оцифровки) рельефа суши; штриховые линии отмечают три области Полигона. В первой, прибрежной области, проводилось сравнение измерительных средств, и исследовались процессы на шельфе. Вторая охватывает динамически активную часть акватории над континентальным склоном. Третья область включает в себя глубоководную часть Черного моря.

буе в Голубой бухте, гидрофизические зонды Midas ECM (Valeport), Argonaut (в паре с CTD-зондом SeaCat(Sontek), ADCP(Nortek), SeaBird (Рис. 1). Используются спутниковая информация: температура поверхности моря (PathFinder, v5, 1985-2011 гг.), динамические

аномалии уровня моря (AVISO), ветер на поверхности моря (QuikSCAT), а также массив высот рельефа земной поверхности и дна моря “ЕТОРО-1” с пространственным разрешением 1 минута.

Океанографические работы выполняются на основе сочетания различных методов, включающих в себя: 1) анализ текущей спутниковой информации в инфракрасном и видимом диапазонах спектра (температура и цвет морской воды); 2) судовые разрезы с регулярным выполнением СТД зондирований; 3) пространственные съемки поля течений с помощью буксируемого за судном акустического доплеровского профилографа (ADCP); 4) измерения в точке профилей скорости течения с помощью донного акустического профилографа ADP и автономного заякоренного профилографа, температуры, солёности и скорости течений «Аквазонд»; 5) статистический анализ временных рядов гидрометеорологических параметров, контактных измерений температуры воды на поверхности и уровня моря; спутниковых ТПМ, динамических аномалий уровня моря и вектора приводного ветра.

Важной вспомогательной задачей является интеркалибрация применяемых контактных и дистанционных измерителей.

На основе оценок статистических связей между параметрами гидрофизической системы, получены новые данные о характере действующих физических механизмов развития разномасштабных динамических процессов в шельфово-склоновой зоне Черного моря. По спектрам выделяются три группы временных масштабов: 1) долговременные, с периодами более трёх лет; 2) годовые (сезонные), а также первый и второй обертоны - полугодовые и третьегодовые; 3) мезомасштабные (от нескольких часов до суток) (Рис. 2).

Существенное значение имеют характерные для северо-восточной части региона ветровые циклы - смены северо-восточного ветра на юго-восточный и обратно. Ветровые циклы имеют различную продолжительность и бывают внутрисезонными, сезонными и многолетними (климатическими). Подобие временной структуры циклических изменений ветра разной продолжительности рассматривается как фрактальность изменчивости ветра, которая связана с повторяемостью характерных региональных синоптических процессов. Разномасштабные ветры порождают ряд гидрофизических явлений, таких как ОЧТ, вихреобразование, апвеллинги, ХПС и др.

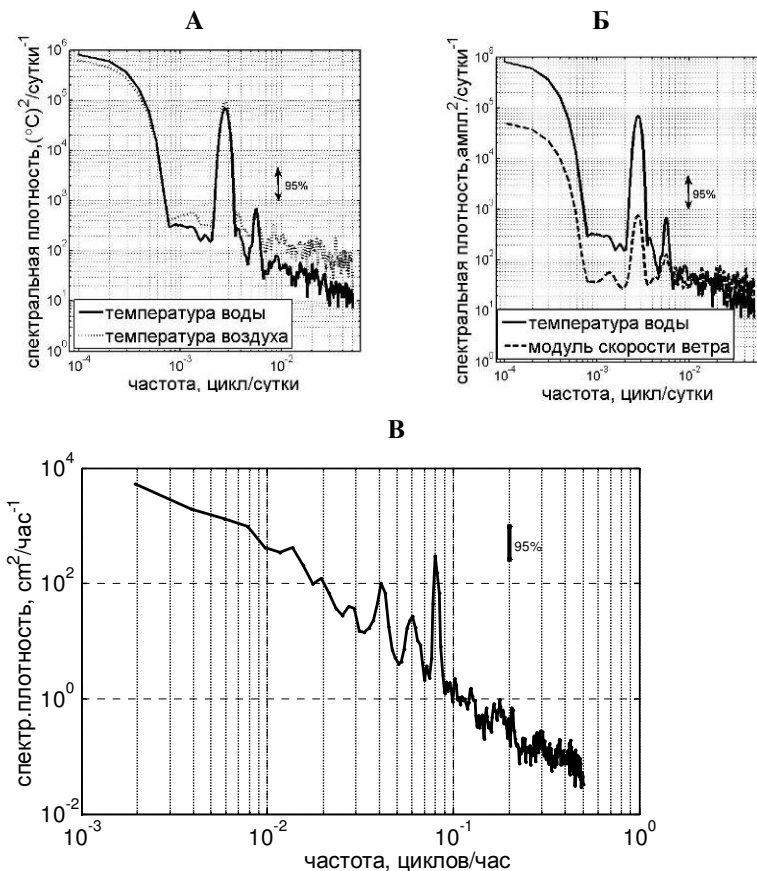


Рис. 2. Автоспектры: **А** - температуры поверхности моря и температуры воздуха; **Б** - температуры воды и модуля скорости ветра; оба спектра по 10-дневным данным в период 1938-2009гг., дисперсии ТПМ, температуры воздуха и модуля скорости ветра – $40.3 (^{\circ}\text{C})^2$, $55.9 (^{\circ}\text{C})^2$, $2.8 (\text{м/с})^2$, соответственно. **В** - спектральная плотность колебаний уровня моря в Голубой бухте по измерениям давления на глубине 4 м через 1 час в период 11.12.2008 - 22.08. 2009 г., суммарная дисперсия - 31.5см^2 .

Показано, что климатический ветер имеет циклоническую завихренность и должен способствовать в среднем циклонической средней циркуляции Черного моря, внутрисезонные ветровые циклы

вызывают апвеллинги с регулярностью примерно 20-25 дней, а процесс образования ХПС при более сильных нордостах усиливается.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 09-05-13527-офи_ц: «Гидрометеорологический полигон на шельфе Черного моря для изучения реакции морской среды на атмосферные воздействия и климатические изменения с помощью комплекса автоматизированных измерительных средств», под руководством д.ф.м.н. Зацепина А.Г.

УТОЧНЕНИЕ СХЕМЫ «ОБРАЩЕНИЯ БЕЗ ВРАЩЕНИЯ» В ТЕОРИИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПРИЛИВООБРАЗУЮЩИХ СИЛ НА ЗЕМЛЕ

Лупачев Ю.В.

*ФГУ «Государственный океанографический институт
им. Н.Н. Зубова» Москва, 119034, Кропоткинский пер., д.6,
тел. 4992467288, trubezh@mail.ru*

The scheme of the Earth orbiting without rotation for system the Earth - the Moon with general baricenter is considered. Research has shown, that terrestrial points orbits around baricenter on circular trajectories which have radiuses in limits from **0,3R** up to **1,7R** (**R** - radius of the Earth). The condition of a constancy of centrifugal forces is not executed.

Для анализа и расчета приливов в океанах требуется вычисление приливообразующих сил Луны и Солнца. При этом для объяснения механизма возникновения приливообразующих сил Луны и их расчета принята так называемая схема «обращения без вращения» [1-3]. Согласно этой схеме при обращении Земли вокруг общего центра тяжести системы – барицентра – возникает центробежная сила, уравнивающая силу притяжения Луны в центре Земли. Допускается, что эта сила одинакова для всех точек Земли. Это условие позволяет рассматривать приливообразующую силу как равнодействующую переменных сил притяжения Луны для различных земных точек и постоянной центробежной силы, равной по величине силе притяжения Луны в центре Земли. Это допущение справедливо только при условии движения всех земных точек, в том числе и центра Земли, по окружностям с одним и тем же радиусом.

Однако это условие в системе «Земля – Луна» не выполняется. В связи с этим возникает необходимость пересмотреть эту схему.

В системе Земля – Луна барицентр располагается на прямой линии, соединяющей центры Земли и Луны, на расстоянии X от центра Земли, равном $X = (M/E)D$, где M – масса Луны, E – масса Земли, равная $81,5 M$, D – расстояние между центрами Земли и Луны, равное в среднем $60,3R$ (где R – радиус Земли). Из данной формулы следует, что $X \approx 0,7R$, т.е. барицентр данной системы лежит внутри Земли. Схема «обращения без вращения» (рис. 1) выглядит следующим образом.

Центр Земли обращается вокруг барицентра системы по окружности радиусом, равным $0,7R$ и с угловой скоростью N_L , равной угловой скорости движения Луны по своей орбите. Другие точки Земли движутся по концентрическим окружностям с различными радиусами, но при этом имеют одинаковую угловую скорость N_L . Ближайшая к Луне земная точка, где Луна находится в зените, обращается по окружности радиусом $0,3R$. Земная точка, расположенная в надире, т.е. наиболее удаленная от Луны, обращается по окружности радиусом $1,7R$. Таким образом, величины радиусов окружностей, по которым обращаются точки поверхности Земли вокруг барицентра, находятся в пределах от $0,3R$ до $1,7R$, т.е. в уточненной схеме «обращения без вращения» имеется радиальный градиент линейных скоростей вращения и, следовательно, возникают переменные центробежные силы.

Возникающие при обращении Земли вокруг барицентра центростремительные ускорения, участвующие в образовании лунных приливов на Земле, изменяются в пределах от $0,3$ до $1,7RN_L^2$ при средней для земного шара величине, равной RN_L^2 . В центре Земли центростремительное ускорение составляет $0,7RN_L^2$. Соответствующая ему центробежная сила в схеме «обращения без вращения» используется в качестве постоянной величины в традиционной теории при расчете приливообразующей силы Луны. Поскольку это допущение не совсем корректно, то требуется верификация величин приливообразующей силы Луны.

Идея верификации заключается в том, чтобы производить сравнения вычисленных значений амплитуд колебаний приливообразующих сил с инструментально измеренными величинами. Современные гравиметрические приборы позволяют измерять колебания суммарных приливообразующих сил с достаточной точностью.

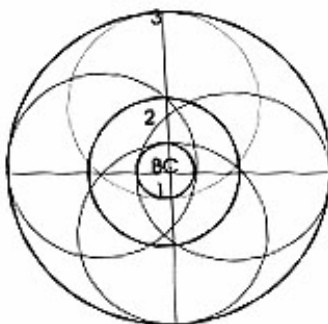


Рис. 1. Схема «обращения без вращения» Земли. 1 – траектория обращения для земной точки при зенитном расстоянии Луны $Z = 0^\circ$, 2 – траектория обращения центра Земли, 3 – траектория обращения земной точки при Луне в надире, BC – барицентр системы. На схеме показаны 4 последовательные положения обращающейся Земли.

Автором [4] были предложены следующие формулы для расчета колебаний приливообразующих сил в отдельной точке на Земле:

$$P_n = - [S_2 \sin 2(n_s t) + M_2 \sin 2(n_m t + \lambda)] \cos \varphi - [S_1 \sin(n_s t) + M_1 \sin(n_m t + \lambda)] \sin \varphi,$$

$$P_m = (-1/2)[S_2 \cos 2(n_s t) + M_2 \cos 2(n_m t + \lambda)] \sin 2\varphi + [S_1 \cos(n_s t) + M_1 \cos(n_m t + \lambda)] \cos 2\varphi + (1/2)(D_s + D_m) \sin 2\varphi,$$

$$P_e = [S_2 \cos 2(n_s t) + M_2 \cos 2(n_m t + \lambda)] \cos^2 \varphi + [S_1 \cos(n_s t) + M_1 \cos(n_m t + \lambda)] \sin 2\varphi - (1/3)(1 - 3 \sin^2 \varphi) [D_s + D_m],$$

где P_n – проекция суммарной лунно-солнечной приливообразующей силы на параллель; P_m – проекция этой силы на меридиан; P_e – проекция этой силы на вертикаль; S_2 и M_2 – полусуточная амплитуда колебаний приливообразующей силы соответственно Солнца и Луны; S_1 и M_1 – суточная амплитуда колебаний приливообразующей силы соответственно Солнца и Луны; D_s и D_m – долгопериодные компоненты приливообразующих сил Солнца и Луны; φ – географическая широта точки приложения приливообразующей силы; n_s – относительная угловая частота Солнца, равная разности угловой скорости вращения Земли ω и обращения Земли вокруг Солнца α ; n_m – относительная угловая скорость Луны, равная разности угловых скоростей вращения Земли ω и обращения Луны вокруг барицентра β ; λ – начальная разность часовых углов Луны и Солнца; t – время

(всемирное или местное). Методика расчета указанных амплитуд дана в работе [4].

Указанные формулы могут служить основой для анализа и расчета параметров колебаний компонент суммарной лунно-солнечной приливообразующей силы для любой точки земного шара, в том числе и для океана. Из них следует, что проекции суммарной приливообразующей силы на меридиан, параллель и вертикаль включают общие вычисляемые амплитуды полусуточных и суточных колебаний, а проекции суммарной приливообразующей силы на меридиан и вертикаль, кроме того, содержат одинаковые долгопериодные компоненты колебаний. Фактические значения амплитуд можно получить из гравиметрических измерений приливных колебаний силы тяжести или из более редких измерений горизонтальных составляющих суммарной приливообразующей силы горизонтальными маятниками типа Цельнера – Репсольда. Проведение таких исследований даст возможность определить истинность уточненной схемы «обращения без вращения».

Литература

1. Дуванин А.И. Приливы в море. Л.: Гидрометеиздат, 1960. 390 с.
2. Зубов Н.Н. Динамическая океанология. М.: Гидрометеиздат, 1947. С. 174 – 176.
3. Шулейкин В.В. Краткий курс физики моря. Л.: Гидрометеиздат, 1959. С. 72 – 76.
4. Лупачев Ю.В. Оценка приливообразующих сил Луны и Солнца при глобальном мониторинге состояния природной среды // Экологические системы и приборы. №5. 2008. С. 15 – 20.

ДОЛГОПЕРИОДНЫЕ ВОЛНОВЫЕ ТЕЧЕНИЯ (ВОЛНЫ РОССБИ). ФИЗИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ

Щевьев В. А.

*Институт Водных проблем РАН,
119333, Москва, ул. Губкина, д. 3. Тел. 499-135-73-80,
e-mail shtshev@rambler.ru*

Rossby (1938) theoretically predicted the existence of long-period waves in the ocean. Observations showed significant differences from the processes predicted theoretically. Shows the observed behavior of the wave flows.

В 1979 г. С. С. Лаппо на основе анализа инструментальных наблюдений на АБС в океане за предыдущие 20 лет сделал вывод: «Эти наблюдения привели к коренному **пересмотру взглядов на природу течений в океане, особенно на глубинах более 1000 м, что весьма резко расходилось с существующими теоретическими концепциями. ...Начался волновой период в исследованиях течений**». Дальнейшие исследования полностью подтвердили этот вывод [2, 3, 4], однако нужно признать, что изучением закономерностей существования и образования течений волновой природы занимается мало исследователей.

Покажем, что по опубликованным данным наблюдений можно выявить основные свойства, их отличия от теоретически предсказанных волн Россби.

На рис. 1. представлена компонента (восток-запад) течения на экваторе Тихого океана за 3 года. Хорошо видно, что скорость изменяется квазипериодически (период 20 суток, высокочастотная составляющая). Кроме того низкочастотная составляющая, с периодом 1 год. Хорошо видно, что составляющая в западном направлении (ось ординат вверх) гораздо больше, чем в восточном направлении. Фазовую скорость можно определить по данным измерений в двух точках, расположенных на расстоянии длины волны. Течение волновой природы изменяется периодически и обладает фазовой скоростью.

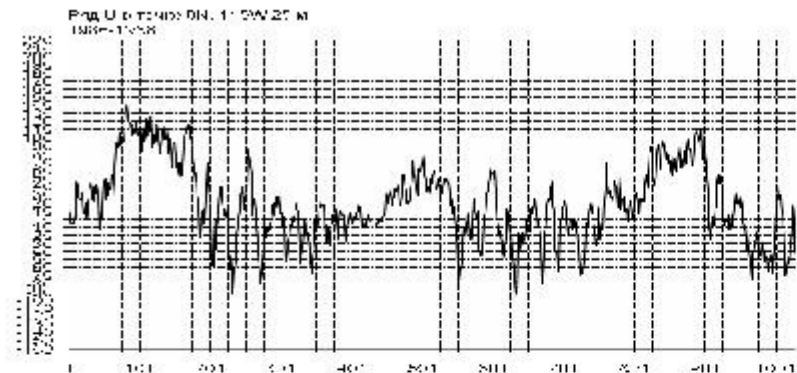


Рис. 1. Пример измерения течения на экваторе Тихого океана в пункте 0° , 110° W, глубина 25 м., зональная компонента (W - E).

Гипотетический физический процесс, происходящий в течении волновой природы, показан на рис. 2в (вид сверху) [3].

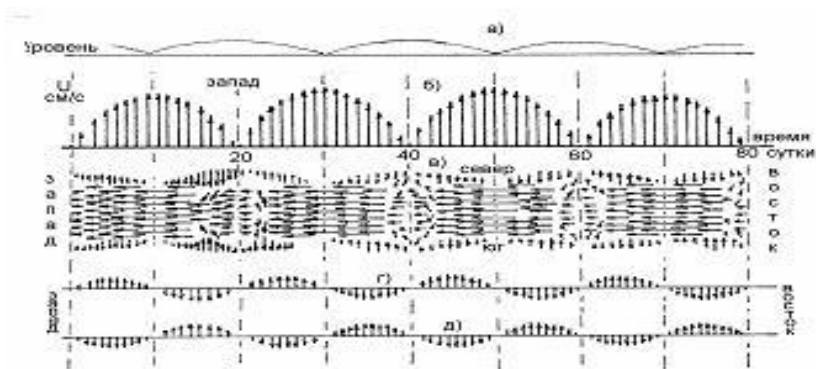


Рис. 2. Вектора скорости длиннопериодных волновых течений (ДПВТ) на экваторе. Изменение уровня в области распространения ДПВТ а); вектора скорости вдоль экватора, полученные прибором за время наблюдений, равное четырем периодам ДП волн б); вектора скорости в области распространения ДПВТ, вид сверху в); вектора скорости вдоль меридиана в северной и южной частях области распространения ДПВТ г) и д) соответственно.

Скорость течения (рис. 2б) увеличивается, набегая на впереди находящийся объем воды с малой (нулевой) скоростью. Уровень в этом объеме повышается (рис. 2а). Скорость движущего объема замедляется и, в конце концов, замедляется до нуля. Кинетическая энергия течения перешла в потенциальную. Далее, потенциальная энергия снова переходит в кинетическую, скорость течения возрастает, достигает максимума, и затем, испытывая сопротивление впереди находящегося объема, замедляется, и т. д. [3].

Измеренное изменение ширины потока (в жидких берегах) показано на рис. 2в. [5]. Закономерность изменения ширины Мальвинского течения качественно совпадает с гипотетической (рис. 2).

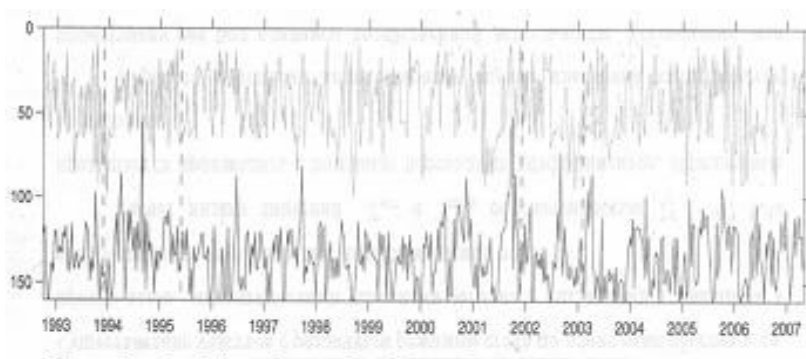


Рис. 3. Расположение максимума поверхностной скорости (верхний), ширина Мальвинского течения как функции времени (нижний). Ординаты в км.

Измерения температуры поверхности Тихого океана показывают чередование участков с большими скоростями (вода холоднее), с участками с меньшими скоростями (вода теплее).

Кондратьев Н. Е. рассматривает процессы образования и существования ветровых волн с энергетической точки зрения: «В любой момент времени сумма кинетической и потенциальной энергии силы тяжести остается постоянной. С увеличением одной слагающей соответственно убывает другая. Один вид энергии непрерывно переходит

в другой, изменяясь каждый раз от нуля до $\frac{\rho \beta \lambda \alpha^2}{4}$ ».

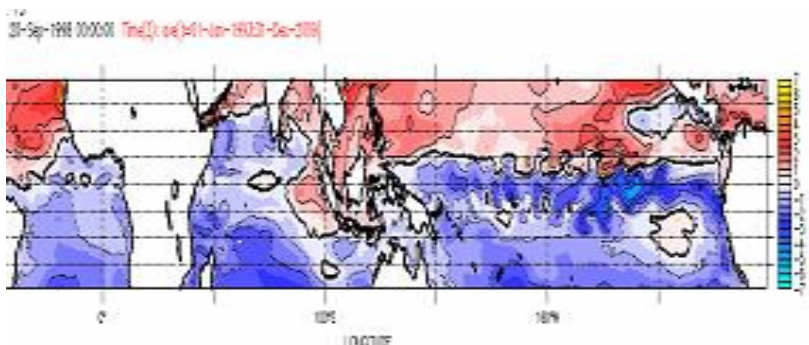


Рис. 4. Поля аномалии температуры ($^{\circ}\text{N}$) относительно среднего значения за 1993 – 1998 гг. приэкваториальной зоны Тихого океана между 20° с.ш. и ю.ш. на глубине 15 метров на 20 сентября 1998 г. [<http://ecco.jpl.nasa.gov>].

Такое представление о процессах, происходящих в ветровой волне, может служить подтверждением возможности существования таких же процессов в долгопериодных волнах.

Литература

1. Кондратьев Н.Е. Расчеты ветрового волнения и переформирования берегов водохранилищ. Ленинград, 1953.
2. Щевьев В.А. Крупномасштабная циркуляция в океанах, как результирующее движение длиннопериодных волн. Электронный журнал «Исследовано в России», 077. С. 808-825. 2007 г. Оpubл. 26. 04. 07. <http://zhurnal.apelarn.ru/articles/2007/077pdf>
3. Щевьев В.А. Приливообразующие силы Луны и Солнца – причина образования длиннопериодных волновых течений в океане. Электронный журнал «Исследовано в России», 032. С. 320-334. 2009 г. <http://zhurnal.apelarn.ru/articles/2009/032.pdf>
4. Щевьев В.А. Основные закономерности образования крупномасштабных циркуляций в океанах и морях. <http://www.randewy.ru/gml/shev.html>
5. Spadone A., Provost Ch. Variations in the Malvinas Current volume transport since October 1992. J. G. R. VOL. 114, CO2002, doi:10.1029/2008JC004882, 2009.
6. Бондаренко А.Л., Жмур В.В. О природе и возможности прогнозирования явления Эль-Ниньо – Ла Нинья // Метеорология и гидрология. 2004. №11. С. 39-52.

РОЛЬ ТЕРМОХАЛИННЫХ ТЕЧЕНИЙ В ОКЕАНЕ И В МОРЯХ

Щевьев В.А.

*Институт Водных проблем РАН,
119333, Москва, ул. Губкина, д. 3. Тел. 499-135-73-80,
e-mail shtshev@rambler.ru*

It is considered that the majority of flows in the ocean, with the exception of tidal, due either to the action of wind stress on the water surface, or irregularity in the distribution of water. It is shown that it is the greatest mistake oceanography XX century.

Carl Wunsch (2002) сообщает: «Широко распространено мнение, что остановка или ускорения термохалинной циркуляции приведет к изменению климата. Многие авторы, по-видимому, думают, что термохалинная циркуляция образуется конвективным движением вод. Но результаты последних нескольких лет показывают, что такие конвективно движимые потоки массы невозможны. В действительности океан эффективно охлаждается и нагревается в пределах около 100 м от поверхности, но почти везде существует конечная стабильная стратификация.

Какие силы движут океанские массы в крупномасштабных циркуляциях? Возможные причины этих движений приливное воздействие и ветер».

В работе [1] рассматриваются физические процессы образования термохалинных течений, которые возникают в основном из-за вертикального тепло- и влагообмена с атмосферой. Поток массы по всему мировому океану равен $\pm 20 \text{ г/см}^2$ в год. (+) означает превышение осадков над испарением, (-) означает превышение испарения над осадками. Трудно себе представить, что такие незначительные изменения уровня за год вызвали бы какие-либо течения.

Рассмотрим **процесс** образования и затухания термохалинного течения [2]. На рис. 1 изображены две точки в море с глубиной H на расстоянии 50 км. Из рисунка следует, что изобарическая поверхность горизонтальна на глубине z_0 . В точках А и В проведены измерения температуры и солёности, позволяющие рассчитать компоненту геострофической скорости, перпендикулярную линии АВ, для глубины z_1 . Для расчета использует уравнение гидростатики, с оговоркой, что

«оно верно для жидкости, находящейся в покое, но для океанских условий, где движение воды медленное и почти горизонтальное, данное уравнение дает неплохое приближение для соотношения между плотностью и давлением». Используя это предположение, получено, что наклон изобарической поверхности на глубине z_1 должен быть от В к А. Расчет по уравнению Гелланд-Ганзена для условий (рис. 1) дает составляющую геострофической скорости перпендикулярную линии АВ на глубине 1000 м, равную $U_1=0,39$ м/с, а разность $(h_B - h_A)$ составит приблизительно 0,19 м. Далее следует обычное утверждение, что течение направлено под углом 90° *cum sole* к направлению, в котором понижается уровень изобарической поверхности.

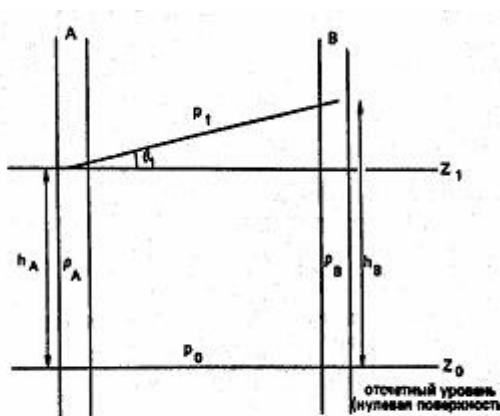


Рис. 1. Горизонтальная (Z) и изобарическая (P) поверхности и два вертикальных столба воды, А и В, имеющих плотность ρ_A и ρ_B ($\rho_A > \rho_B$).

Но возникает самый важный вопрос: «Сколько времени будет действовать это течение?». Понятно, что скорость будет затухать по экспоненте. По разным оценкам этот процесс будет продолжаться сутки - двое. А дальше, когда разность высот выровняется? Далее, для возникновения нового эпизода с течением, необходимо возникновение новой разницы в уровнях в точках А и В. Эта разность может возникнуть за счет испарения и изменения температуры. Хорошо известно, что в среднем испаряется 1 метр в год. Разница в испарении в двух точках, расположенных на расстоянии 50 км, будет как

минимум на порядок или два меньше. Таким образом, чтобы образовалась разница в уровнях равная 0,19 м, необходимо 2-3 года.

Понятно, что такого случая, когда разница в уровнях накапливалась бы до какой-либо значимой величины, практически быть не может. Едва достигнув даже небольшой величины, она исчезнет из-за образования микроскопических течений, которые в реальных условиях моря, когда существуют большие течения другой природы, невозможно измерить, показать их роль в переносе водных масс.

Отсюда ясно, что роль термохалинных течений ничтожна. Таким образом, можно сделать вывод, что термохалинные течения имеют очень малые скорости, а расчеты по формуле Геланд-Ганзена основаны на неверных допущениях, согласно которым «в океанских условиях движение воды медленное, а ниже уровня z_0 течения отсутствуют». Кроме того, по мнению пользователей этого метода, единожды возникнув, течения будут действовать далее вечно. Все это не соответствует действительности.

В работе [10] В. Б. Штокман (1937 г.) объясняет широкое распространение “так называемого динамического метода” тем, что “Н. Н. Зубовым была значительно упрощена вычислительная техника. Но кажущаяся простота динамического метода (в упрощенном изложении Н. Н. Зубова) оказалась слишком соблазнительной, и применение этого метода стало носить сугубо механический характер. Стандартное применение метода объясняется непониманием его физических основ”. По поводу возможности применения динамического метода в Каспийском море автор пишет: “В связи с высокой изменчивостью течений, обусловленных **не только термохалинной** природой, невозможно выбрать контур, перпендикулярный по всей глубине к направлению течения, а поэтому применение формулы Сандстрема в таких случаях недопустимо, и единственным практически приемлемым методом, дающим надежные результаты, является непосредственное измерение течений с помощью вертушек”. Этот вывод полностью применим к океану, т. к. инструментальные наблюдения показывают высокую изменчивость течений в океане.

Из теоремы Sandstrom's (1908) для нагреваемой и охлаждаемой жидкости на поверхности океана следует, что температура и соленость в глубине (плотность) не будет изменяться несколько тысяч лет, конвективная циркуляция значительна только в тонком поверхностном слое. Разница плотностей в тонком слое не способна генерировать движение. Munk W. (1997) доказывает, что более вероятным

источником внутренних волн и диффузии являются приливы. Отсюда следует, что возможные источники внутреннего перемешивания это только ветер и приливы.

Ближе к наблюдаемым в действительности движениям представления (Ле Блон, Л. Майсек, 1981): «По их мнению, отклик океанических вод на приливообразующие объемные силы должен иметь вид длинных баротропных волн». Более подробно эта мысль изложена в работах (4, 5, 6).

Литература

1. Агафонова Е. Г., Галеркин Л. И., Монин А. С. О происхождении термохалинной циркуляции океана. // Океанология. 1972. Т. XII. Вып.6.
2. Джон Гарвей Атмосфера и океан. М. Прогресс. 1982. 184 с.
3. Штокман В. Б. О применимости динамического метода обработки гидрологических данных в изучении течений Каспийского моря. Журнал геофизики. 1937 г. Т. VII. Вып. 4.
4. Щевьев В. А. Роль термохалинных течений в экологии Охотского моря. Морская экология. 2005. (Морэк 2005). Материалы конференции. Т. 1. Владивосток. 2005. С. 185 - 189.
5. Щевьев В. А. Крупномасштабная циркуляция в океанах, как результирующее движение длиннопериодных волн. Электронный журнал «Исследовано в России», 077. С. 808-825. 2007 г. Оpubл. 26. 04. 07. <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2007/077pdf>
6. Щевьев В. А. Приливообразующие силы Луны и Солнца – причина образования длиннопериодных волновых течений в океане. Электронный журнал «Исследовано в России», 032. С. 320-334. 2009 г. <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2009/032.pdf>
7. Carl Wunsch What is the thermohaline circulation? Science. V. 298. P. 1179 – 1181. 2002 г.

О ПРИРОДЕ ТЕЧЕНИЙ МИРОВОГО ОКЕАНА И ЧТО ИЗМЕРЯЕТСЯ С ПОМОЩЬЮ ПРИБОРОВ

Бондаренко А. Л.

*Институт Водных проблем РАН,
119333, Москва, ул. Губкина, д. 3. Тел. 499-135-73-80*

Presented research showing that long period currents fundamentally different from the gradient and the drift currents, and in this case the accepted methods of measurement do not provide a representative to obtain information about them. Researchers use this information frequently get misconceptions about the long-wave currents.

Под течениями следует понимать движение (некое перемещение) воды, водных масс в пространстве. Представлялось, что масса воды движется в пространстве, как единое целое, квазиадвективно. В этом случае считалось, что измеренные параметры течений можно приписывать течениям значительно удалённым от точки измерения.

Более детальные исследования структуры океанских течений показали, что это далеко не так. Может оказаться, что в ближайшем окружении течения будут иметь совершенно различные параметры. Так отмечены случаи, когда запущенные одновременно в фиксированной точке дрейфтеры “разбегались” в различных направлениях.

Скорее всего, учитывая такую сложную структуру течений, А. Лакомб [Ла Комб, 1974] дал иное определение течений: *течение это движение частиц воды*. Возможно элементарных, на уровне молекул. На наш взгляд это обобщающее и более правильное определение. Для решения ряда задач исследователя интересует информация о пути движения отдельных частиц воды, а отсюда и в целом массы воды. Например, такая задача стоит при исследовании обмена вод океанов.

По кинематическим свойствам течения принято делить на градиентные, дрейфовые и длинноволновые. В науке популярна концепция, согласно которой течения океанов и морей в доминирующей своей части градиентные и дрейфовые, ветровые. Да известно, что течения могут быть и волновые, но считается, что они крайне малы и не оказывают существенного влияния на динамику океанов и морей. Во всяком случае, в популярных диагностических,

прогностических и Экмановских моделях течений влияние долгопериодных волн на образование течений не учитывается.

Исследования, выполненные [1], показывают, что океанические течения, в основном длинноволновые, и есть не что иное, как орбитальные движения частиц воды долгопериодных волн. В реальной действительности эти волны были названы волнами Россби, Континентальными шельфовыми и др.

Что представляют дрейфовые и градиентные течения довольно хорошо известно. В дрейфовых и градиентных течениях движения частиц воды происходят в связанном режиме, в виде движений массы воды, как некоего единого целого по некоторому объёму. При градиентных или дрейфовых течениях приёмник измерителя течений “работает” в режиме присоединённой массы воды, и показания измерителя будут соответствовать движениям масс воды. Например, по параметрам движения дрейфера в этом случае можно определить сколько, куда и с какой скоростью воды перемещается. Здесь всё ясно.

Что представляют в реальной действительности волновые течения известно плохо. Волновые течения, как отмечалось, это не что иное, как орбитальные движения частиц воды. Отдельные частицы воды волн, движущиеся в режиме суперпозиции, воздействуют на приёмную часть прибора, и она воспринимает их, как силу суммарного воздействия. В этом случае направление результирующей силы воздействия частиц воды не обязательно совпадает с направлением перемещения частиц воды, а следовательно, и её массы. Поэтому по показаниям прибора невозможно доказательно определить направление перемещения масс воды.

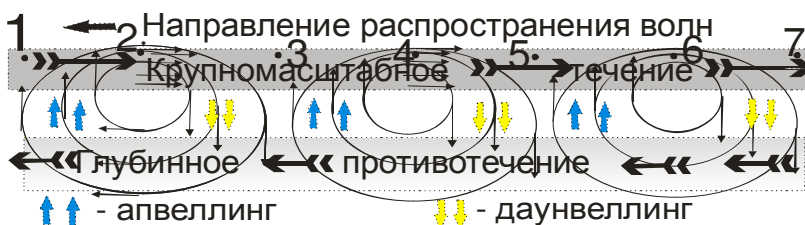


Рис. 1. Линии токов волн Россби в виде эллипсов со стрелками.
Вид по вертикальному сечению.

Согласно исследованиям [Бондаренко, 2006] долгопериодные океанские волны можно уподобить Большой уединённой волне Дж.

Рассела или, как её позже назвали, солитон, линии токов которой представлены на рис. 1.

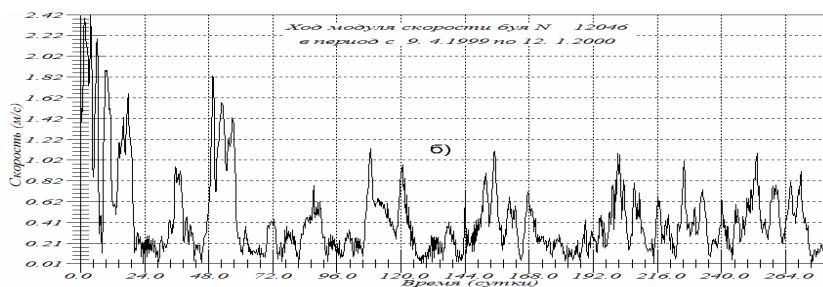


Рис. 2. Модуль скорости движения дрейфера в Гольфстриме.

Мгновенно течения (орбитальные движения частиц воды) будут направлены по линиям токов в сторону направления стрелок. Скорость течения будет пропорциональна плотности линий токов, и в районе линии 1-7 она будет максимальной. Допустим, что эти волны - солитоны распространяются влево с некой фазовой скоростью. Тогда в точках 2, 4, 6 модуль скорости течений будут максимальны, а в точках 1, 3, 5, 7 – равны нулю. Тогда, если измерительный прибор установить в точке 1 стационарно, то при движении волн - солитонов будет зафиксировано пульсирующее течение, направленное вправо, скорость которого будет меняться от нуля или некой малой величины до некоторого максимума и затем снова до нуля, далее всё будет повторяться. Время пульсаций скорости течений будет равно периоду волн Россби, т. е. времени прохождения волны мимо неподвижной точки, предположим, мимо измерителя течений, первоначально установленного, предположим, в точке 1. Если в поток запустить дрейфер, то модуль скорости его движения будет вести себя подобным образом, но за счёт Доплерова эффекта период пульсаций будет иным. Нечто подобное в реальности мы и наблюдаем, течения пульсируют (рис. 2).

Если отфильтровать по “записи” эти пульсации, то будет выделена некая квазипостоянная однонаправленная часть течений, которая исследователями обычно рассматривается, как постоянное течение и переменное, пульсирующее волновое течение с периодом волн Россби. В подобных случаях считается, что масса воды со скоростью постоянного течения перемещается по линии 1 - 5 вправо. Это фикция, связанная с неверной интерпретацией измерений. На

самом деле волны не переносят однонаправленно массы воды, и это хорошо известно исследователям, а масса воды в виде орбитальных движений частиц воды вращается в волне по траекториям, схожим с линиями токов вокруг некоего неподвижного положения равновесия.

Итак. В морях и океанах доминируют длинноволновые течения, в основном, сформированные волнами Россби, но не градиентные геострофические и ветровые. Фактически это течения волн, они образованы орбитальными движениями частиц воды волн и их волновым переносом. Волны не переносят массы воды в пространстве, а следовательно, и течения их не переносят. Частицы воды волн перемещаются в режиме суперпозиции. Линии токов волн схожи с линиями токов диполя, проводящей средой которого является вода, а изолятором – дно и воздух. Условно принято, что скорость течения пропорциональна плотности линий токов. Что представляют волновые течения, как движения воды, неясно. Не ясно, как перейти от измеренной скорости течения к перемещениям воды волной. Чисто условно считаем, что масса переносится со скоростью течения, измеренного прибором. Но это далеко не обосновано и принято условно.

Литература

1. Бондаренко А.Л. Крупномасштабные течения и долгопериодные волны Мирового океана. <http://www.randewy.ru/gml/monogr.html>, http://lib.oceanographers.ru/component/option,com_booklibrary/task,view/id,82/catid,29/Itemid,39/.

НАБЛЮДЕНИЕ ЦУНАМИ У БЕРЕГОВ ЧИЛИ СРЕДСТВАМИ КОРОТКОВОЛНОВОГО РАДАРА ПОСЛЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В ЯПОНИИ 11 МАРТА 2011

Дзвонковская А.Л.

Технический Университет Гамбурга-Гарбурга (ТУНН),

Гамбург, Германия

email: anna.dzvonkovskaya@tu-harburg.de

A 9.0-magnitude undersea earthquake occurred near the coast of Japan on March 11, 2011, and generated a powerful tsunami, which propagated across the Pacific Ocean. The oceanographic high-frequency radar located in Chile measured changing sea surface

current velocities in real-time when the tsunami waves reached this region. For the first time impressive tsunami signatures were observed by such radar.

Коротковолновые (КВ) радары поверхностной волны используют радиочастоты в диапазоне от 3 до 30 МГц. В зависимости от рабочей частоты КВ радары дают возможность непрерывного мониторинга морской поверхности до 300 км от береговой линии, что является важным фактором для наблюдения за 200-мильной эксклюзивной экономической зоной в странах с протяженными морскими границами. В основе этого мониторинга лежит принцип распространения радиоволн вдоль проводящей соленой морской поверхности за пределы видимого горизонта. Во всем мире КВ радары используются как оперативный инструмент для океанографических исследований, сопровождения судов, экологического мониторинга.

Благодаря резонансному электромагнитному рассеянию от морских волн с длиной волны, равной половине длины радиоволны, радар может непрерывно измерять морские поверхностные течения, направления ветра и волн на площадях в несколько десятков тысяч квадратных километров.

Один из видов океанографических КВ радаров под названием WERA был разработан в Университете Гамбурга в 1996 году и с тех пор успешно размещен по всему миру. Цифровая обработка сигналов производится на программном уровне, что позволяет легко перенастраивать систему под различные нужды в различных КВ поддиапазонах. На сегодняшний день один из КВ радаров WERA используется в Университете г. Консепсьон в Чили. Система расположена непосредственно на побережье возле города Румена (илл. 6-1 цв. вкладки).

11 марта 2011г. в 05:46:23 по Гринвичу возле берегов Японии произошло катастрофическое подводное землетрясение с магнитудой 9 баллов по шкале Рихтера. Оно вызвало цунами, чьи сокрушающие волны до 20 м обрушились на берега Японии и одновременно проследовали далее через всю акваторию Тихого океана. Оповещение об угрозе цунами также было передано в страны Северной и Южной Америки, от Аляски до Чили. На основе модели распространения цунами, разработанной Национальной Администрацией по Океаническим и Атмосферным Исследованиям (NOAA) в США, было рассчитано приблизительное время прихода волн цунами в разные точки планеты. Цунами начало свой путь у берегов Японии вдоль сложной топографии океанического дна и, пройдя 17 000 км,

обрушилось на берега Чили с высотой волн более 2 м. Время распространения цунами через весь тихоокеанский регион заняло более 22 часов после землетрясения.

После сильнейшего землетрясения в Чили в 2010г. океанографический КВ радар при Университете г. Консепсьон был временно отключен для восстановления. Когда стало ясно, что волны цунами приближаются к чилийскому побережью, было принято решение включить систему и провести измерения.

КВ радар работал на частоте 22 МГц со средней мощностью 30 Ватт. Восемь приемных элементов антенной решетки принимали линейный частотно-модулированный радиосигнал, отраженный от морской поверхности, в течение нескольких часов. Максимальная дальность для определения скорости поверхностных течений составляла до 50 км; разрешение по дальности составило 300 м.

Пакеты измеренных сигналов были представлены для цифровой обработки в Университет Гамбурга-Гарбурга. На основе преобразования Фурье и метода формирования луча были получены 3-мерные спектры в координатах угол обзора – дальность – доплеровская частота. Резонансное рассеяние было получено для морских волн с длиной волны 6,7 м, что дало возможность определить скорость поверхностного течения в районе обзора.

Цунами подошло к побережью Чили около 4 часов по Гринвичу. На илл. 6-2а (цв. вкладка) цветом показаны девиации радиальных компонент скоростей течений в м/с, полученные после обработки сигналов КВ радара и вызванные накатывающими и убегающими волнами цунами. Это говорит о том, что 6,7-метровые резонансные волны находились на поверхности волны цунами и двигались, подчиняясь его законам. Очень четко видна периодическая структура волн цунами, позволяющая оценить период волн. Эта структура цунами наблюдается по всей зоне обзора радара площадью 1500 км² с дальностью от берега до 40 км.

Для сравнения были взяты данные об уровне моря, измеренные прибрежным мареографом в районе Лебу, Чили, который находится в 50 км к югу от радара. На рис. 26 (см. илл. 6-2 цв. вкладки) представлен средний уровень моря в метрах. Приход цунами в Лебу по времени почти совпадает с его приходом к Румене, при этом максимальная высота волны цунами достигла 1,8 м. Период изменения высоты волн по мареографу совпадает с периодом изменения скорости поверхностного течения по радару.

В данном докладе представлены уникальные результаты измерений, полученные впервые за всю историю развития КВ

радиолокации. Приведенные результаты свидетельствуют, что КВ радиолокация может внести существенный вклад в океанические исследования, в том числе изучение цунами.

Благодарности

Автор хотела бы выразить глубокую признательность коллегам с кафедры геофизики Университета г. Консепсьон в Чили, особенно доктору Данте Фигуероа, за предоставленные данные и интересные дискуссии.

ИССЛЕДОВАНИЯ УСЛОВИЙ СУЩЕСТВОВАНИЯ, ДИССИПАЦИИ И УСТОЙЧИВОСТИ ВНУТРЕННИХ ВОЛН В НЕПРЕРЫВНО СТРАТИФИЦИРОВАННОМ ОКЕАНЕ

**Хартнев С.М., Соловьев А.Н., Матишов Д.Г,
Ольшанская Е.В., Григоренко К.С., Соловьева А.А.**

*Учреждение Российской академии наук Южный научный
центр РАН, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41,
т. (863)266-64-26, т./ф. (863)266-56-77,
e-mail: ssc-ras@ssc-ras.ru*

*Учреждение Российской академии наук Институт
аридных зон Южного научного центра РАН, 344006, г.
Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, Россия, т. (863)266-64-26,
т./ф. (863)266-56-77, e-mail: ssc-ras@ssc-ras.ru*

Effects of internal waves on the infrastructure related to production and transportation of hydrocarbons are studied. Questions of existence and stability of linear and nonlinear internal waves and their dissipation in complicated models continuously stratified ocean are studied.

Прикладные исследования.

Разрабатывается методика, позволяющая на основе баз данных климатических атласов морей и океанов рассчитывать кинематические характеристики внутренних волн, временные декременты и режимы затухания волнового процесса. На первом этапе исследований осуществляется осреднение величин температуры T и солености S по одноградусным квадратам, в форме которых организованы данные, содержащиеся в информационных базах данных. Далее, с помощью

стандартных эмпирических формул, рассчитываются и используются сглаженные значения распределений плотности по глубине, что в программной реализации соответствует приближению кубическими сплайнами.

Разработанные программы позволяют учитывать тонкую стратификацию, содержащую, в частности, плотностные инверсии. При этом используются различные способы аппроксимации плотности и частоты Вайсяля-Брента – линейные, квадратичные, кубические и др.

В рамках линейной теории волн в случае модели идеальной жидкости для решения спектральных задач применяются различные методы: во-первых, сведения их к задачам Коши с последующим применением разностных схем и метода пристрелки. Реализация такого подхода осуществляется в среде Maple. Во-вторых, для решения однородных краевых задач применяется метод конечных элементов (МКЭ), основные численные расчеты получены именно этим методом. При этом дисперсионные кривые модального состава внутренних волн строятся с использованием МКЭ для действительных значений амплитуды вертикальной компоненты скорости.

В случае модели вязкой жидкости рассматриваются периодические и аperiodические режимы затухания волнового процесса. Предполагаемая программа расчета временных декрементов затухания внутренних волн, основана на аналитико-численном решении уравнений динамики океана. Использование МКЭ в комплексе с асимптотическим методом Вишика-Люстерника позволяет эффективно рассчитывать декременты затухания внутренних волн.

Разработанная таким образом схема исследований дает возможность на основе информации баз данных климатических атласов морей и океанов проводить «паспортизацию» отдельных районов океана, включающую в себя:

- расчет и построение вертикальных профилей плотности и частоты Вайсяля-Брента;
- расчет и построение дисперсионных зависимостей, вертикальной структуры мод внутренних волн;
- определение и расчет декрементов и режимов затухания волнового процесса.

В частности, численные исследования такого рода, связанные с «паспортизацией» отдельных районов океана, проводятся в настоящее время для 60-и станций района Баренцева моря. Полученные результаты позволяют для рассматриваемой акватории моря

проанализировать влияние пространственных и сезонных изменений полей температуры и солености на кинематические характеристики внутренних волн.

Фундаментальные исследования.

1. В рамках линейной теории найдено в интегральной форме необходимое условие существования нейтральных и затухающих во времени колебаний мод внутренних волн соответственно для моделей идеальной и вязкой жидкостей с произвольной неустойчивой плотностной стратификацией, содержащей инверсии плотности. Проведены тестовые расчеты для районов Баренцева и Охотского морей, подтверждающие полученный результат.

2. Из уравнений, широко используемых в физике моря, и аналогов уравнений Орра-Зоммерфельда, найдены достаточные условия устойчивости внутренних волн в непрерывно стратифицированных параллельных течениях с вертикальным сдвигом скорости.

Определены диапазоны длин устойчивых внутренних волн в зависимости от отношений коэффициентов турбулентного обмена и диффузии плотности, угла набегания волны на поток и числа Ричардсона Ri . С помощью полуэмпирических формул и элементов статистической теории турбулентности получены оценки диапазонов длин устойчивых волновых возмущений при любых положительных значениях числа Ричардсона для произвольных вертикальных распределений величин частоты Вайсяля-Брента, горизонтальной составляющей скорости течения, коэффициентов турбулентной вязкости и диффузии плотности.

Найдены оценки длин устойчивых внутренних волн при наличии плотностных инверсий, когда частота Вайсяля-Брента является знакопеременной функцией глубины, и применение критерия Майлса-Ховарда приводит к неопределенному результату ($Ri \in (-\infty; 0,25]$).

Следует отметить, что оценки длин устойчивых внутренних волн найдены из более общих уравнений, чем критерий Майлса-Ховарда, и поэтому будут справедливы также для «вязких» решений уравнений гидродинамики, которые в пределе, при исчезающей вязкости, не приводят к решениям «невязких» уравнений во всей области течения (в данном случае уравнений Эйлера, из которых получен критерий Майлса-Ховарда).

3. В приближении β -плоскости проведено исследование распространения нелинейных внутренних волн в непрерывно

стратифицированном море переменной глубины при наличии диссипативных факторов, параметризованных в форме Гульдберга-Мона. С учетом приближений Буссинеска, квазистатики и «твердой крышки» найдено необходимое условие существования свободных квазипериодических нелинейных внутренних волн, которое является аналогом условия, полученного в рамках линейной теории для случая модели идеальной жидкости постоянной глубины.

Работа выполнена при финансовой поддержке ГК № 14.740.11.0202 в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПЛОТНОСТНОГО ТЕЧЕНИЯ ПО ГОРИЗОНТАЛЬНОМУ ДНУ

Сихарулидзе Д.К., Низов С.С.

*Учреждение Российской академии наук Институт
океанологии им. П.П. Ширшова РАН,
117997, г. Москва, Нахимовский пр-т, д.36,
89168039858, david2006s@rambler.ru*

Laboratory experiments on propagation of gravity current, supported by constant inflow rate, in a tank with horizontal bottom are reported. Two different regimes of propagation and entrainment are disclosed depending on the density difference between the gravity current and the ambient fluid.

Распространение и опускание плотных вод по наклонному или горизонтальному океанскому дну является важным элементом водообмена шельфовой зоны, заливов, окраинных и внутренних бассейнов с открытым морем, а также вентиляции глубинных и придонных вод. Придонные плотностные (мутьевые) течения участвуют также в переносе осадочного вещества из береговой зоны моря в его глубинную часть. Хорошим примером реализации таких механизмов в природе может служить пролив Гибралтар, где воды из Средиземного моря, попадая в Атлантику, спускаются вниз по континентальному склону, затем отрываются от дна и дальше распространяются в виде изопикнических слоев, интрузий. Другой пример: воды Северного моря, попадая в Балтийское море в виде придонных плотностных течений, в дальнейшем распространяются по горизонтальному или наклонному дну (Гриценко, 2001).

В связи с очевидной сложностью исследования придонных плотностных течений в морских условиях существенное значение приобретают методы теоретического и лабораторного моделирования. С помощью этих методов удастся изучить физические закономерности явления и использовать их для интерпретации данных разрозненных и фрагментарных натурных наблюдений, а также для количественной оценки характеристик природных плотностных течений.

Существует огромное количество работ, изучающих распространение плотностных течений по дну, как горизонтальному, так и наклонному. Однако, некоторые моменты, связанные со структурой течений, их динамикой и взаимодействием с окружающей жидкостью, остаются неясными. В целом, плотностные течения можно разделить на 2 типа. Первый из них – это относительно крупномасштабные и квазистационарные течения. На эти течения огромное влияние оказывает вращение Земли. Второй тип – это короткопериодные и/или мелкомасштабные плотностные течения. В динамике таких течений эффекты вращения Земли играют незначительную роль. В данной работе мы будем рассматривать второй тип течений.

Основная задача данной работы заключалась в моделировании распространения по горизонтальному дну со скоростью U_0 плотностного течения, имеющего начальную соленость S_0 и постоянный расход q_0 , и изучении различных режимов движения получившегося течения в окружающей жидкости, а также определении критических параметров, которые отвечают за взаимодействие и обмен плотностного течения с окружающей жидкостью. Основными параметрами, которые варьировались в ходе работы, были: g' , q_0

Эксперименты проводились в горизонтальном лотке длиной 10 м. Бассейн заполнялся пресной водой, в правой части лотка располагалась пластина, отделяющая небольшой объем от основного (см. рис. 1). Образовавшаяся ячейка заполнялась более плотной и подкрашенной водой из бака (объемом 500 л), находящегося выше экспериментального лотка; одновременно с этим откачивалась пресная и более легкая вода из ее верхней части. После полного заполнения ячейки выставлялся необходимый расход жидкости, для постоянной подпитки плотностного течения, через подводящий шланг 2. Далее, пластина 1 поднималась вверх на одну и ту же высоту в каждом эксперименте. Под действием силы тяжести вода с заданной соленостью S_n начинала распространяться через щелевое отверстие. Приблизительно через 20-30 см формировалась «голова» плотностного течения. По мере удаления переднего фронта от источника, из него,

через одинаковое расстояние, отбирались пробы воды на солёность, с двух горизонтов – у дна и на высоте 3см.



Рис. 1. Схема лабораторной установки. 1- подвижная пластина, 2- подводящий шланг, 3 – отбор проб воды на солёность.

Для визуализации профиля скорости в лотке, были использованы кристаллы марганцевокислого калия. Для получения и последующей обработки экспериментальных данных осуществлялась видеосъемка эксперимента на видеокамеру высокого разрешения.

В результате были обнаружены два принципиально разных режима распространения плотностного течения. Один реализовывался при сравнительно небольших значениях g' (илл. 8-2 цв. вкладки), а другой, наоборот, при больших (илл. 8-3 цв. вкладки). Основное их различие заключается в том, что в случаях с большим значением g' , высота головы становится небольшой, а скорость ее распространения, напротив, существенно увеличивается по сравнению с опытами при меньших g' .

Вовлечение окружающей жидкости в движение происходит различно в «голове» и «хвосте» плотностного течения - в «голове» существенно интенсивней. Поэтому эти две области нужно рассматривать отдельно, связывая их друг с другом. Скорость перемещения переднего фронта меньше скорости течения жидкости в «теле» гравитационного потока, поэтому происходит постоянная подпитка переднего фронта догоняющей его сзади жидкостью. При этом с верхней тыловой части «головы» течения периодически происходит срыв вихрей жидкости, что является существенным процессом в балансе массы «головы».

Данные, полученные при обработке проб солёности, отбравшихся из передней части течения, позволили установить, что при большой начальной солёности S_0 - солёность S_n в конце лотка изменялась в 6-8 раз, то есть вовлечение окружающей жидкости было

очень велико; при малых же S_0 наблюдалось слабое уменьшение солёности, не более чем в 2 раза. Вследствие этого, по мере распространения течения по дну происходило изменение g' и скорости U . Совместный анализ данных, полученных в результате серии экспериментов, показывает, что переход от одного режима к другому происходит не совсем плавно, и на графиках зависимости скорости распространения течения от перепада плотностей имеется очевидный излом.

В дальнейшем планируется провести серию экспериментов, которая позволила бы уточнить диапазон параметров, при которых происходит трансформация одного режима течения в другой. Это позволит также более детально описать динамику плотностного течения при переходном режиме.

Данная работа выполнялась при поддержке гранта РФФИ 11-05-90735-моб_ст.

Литература

1. Alavian, V. (1986) Behaviour of density currents on an incline // J. Hydraul. Engng ASCE 112, 27-42.
2. Batchelor, G. (1967) An introduction to Fluid Dynamics // Cambridge University Press.
3. Gritsenko, V.A. (2001) Bottom gravity flow in the ocean //Earth Sciences 1:64-70.

О ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ИНФОРМАТИВНОСТИ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Амбросимов А.К., Либина Н.В., Никитин Г.А.

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН
117997 г. Москва, Нахимовский пр-т, 36
(499)1245190, факс: (499)1245983
e-mail: ambrosimov@ocean.ru, lnatvit@mail.ru*

In this article the interdisciplinary model of research of oceanologic fields is considered. It is shown that use of a complex of various hydrophysical and geophysical devices allows to receive new results in research of variability of parametres of water thickness.

Существование структурных мезомасштабных неоднородностей гидрофизических полей практически во всей толще водных масс обуславливает новые повышенные требования к их обнаружению и исследованию их эволюции техническими средствами. В идеале требуется получение 3D изображения конфигурации исследуемого процесса и его интенсивности. Однако в большинстве случаев океанологической практики для этого отсутствуют необходимые средства.

По-прежнему исследования выполняются на традиционных разрезах и многосуточных станциях (иногда синхронных). И, несмотря на использование современных высокоточных приборов, с их помощью можно получить только регулярные зондирования по пространству и во времени.

Для получения 2D изображения мезомасштабного процесса (явления) приходится интерполировать измеренные значения параметра по пространству вдоль разреза (учитывая пространственно-временную изменчивость), а при наличии синхронных разрезов – и по пространству между разрезами. Для получения 3D изображения необходима интерполяция между 2D картинками на выбранных горизонтах.

Существенно повысить точность интерполяции и качество изображения мезопроцесса на 2D картинке позволяют снимки с ИСЗ и аэросъемка. На таких снимках хорошо видна относительная конфигурация поверхностных мезомасштабных процессов, которая «привязывается» к конкретно измеренным значениям выбранного параметра в отдельных точках пространства с борта судна или на буях.

В ряде случаев более качественно выявить конфигурацию, например, слоя скачка на разрезе можно, интерполируя данные в точках измерений с учетом информации от профилографа течений ADCP, используя параметр обратного акустического рассеяния [1].

Профилограф течений ADCP, помимо измерений параметров течений по обратному акустическому рассеянию, позволяет исследовать пространственную стратификации водной толщи от прибора до поверхности моря, обусловленную распределением концентрацией взвеси, неоднородным распределением фитопланктона, а также STD параметров. Эти параметры, в свою очередь, могут быть увязаны с данными зондирований. Например, профилограф течений ADCP, устанавливаемый на дне или глубине, определяемой максимальным диапазоном профилирования прибора, позволяет детально исследовать верхний наиболее динамический слой водной толщи. Так, на рис. 1 показана динамика перемещения водных масс по

слоям в 5 м от поверхности до 70 м глубины. Эта картина, дополненная стратификацией температуры с глубиной, показывает, что динамика течений в верхнем однородном слое и под ним имеет различное происхождение.

Помимо прогрессивной векторной диаграммы течений, наиболее наглядно характеризующей динамику водных масс, по данным профилографа и измерителей течений рассчитываются статистические и энергетические параметры течений на различных горизонтах в точке измерения [2].

Серия (желательно параллельных) галсов-разрезов с ADCP в районе постановки буйковой станции даст возможность получить мгновенные 2D разрезы параметров течений и обратного акустического рассеяния. На основании серии 2D разрезов может быть рассчитана мгновенная интерполяционная 3D картина гидрофизических параметров водной толщи.

Сопоставление разреза поля течений в виде векторов горизонтальной скорости течений [3] с разрезом поля обратного рассеяния акустического сигнала и разрезами распределения СТД-параметров дает более полную картину для анализа квазимгновенной гидрофизической обстановки вдоль разреза (илл. 9-2 цв. вкладки).

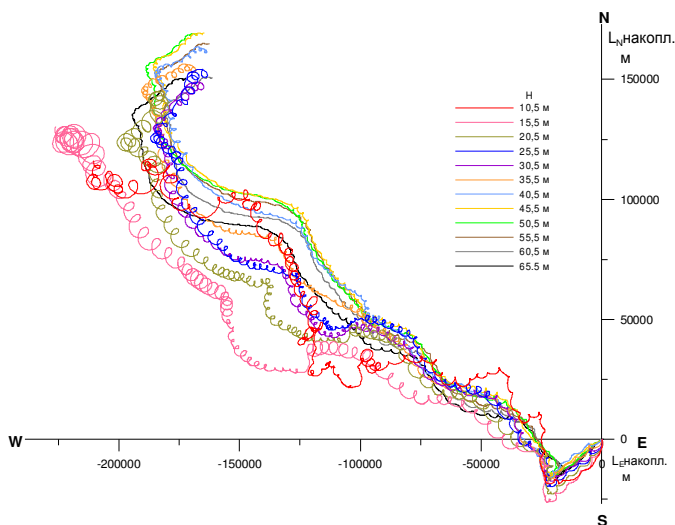


Рис. 1. Прогрессивная векторная диаграмма течений по данным профилографа ADCP Nortek за период наблюдений с 27.04. по 23.06.2006 в центральной части Каспийского моря.

Одновременное с буксировкой ADCP проведение гидролокационной съемки дна и сейсмоакустического профилирования позволит получить также акустическое изображение поверхности дна и структуру приповерхностного строения дна. При этом на акустических изображениях, полученных с помощью гидролокатора бокового обзора, могут наблюдаться возникающие на термоклине внутренние волны [4], на поверхности дна - вымоины от придонных струйных течений, а также выходы газов. На илл. 9-3 (цв. вкладка) приведен фрагмент акустического изображения дна с песчаной рябью и промоинами, свидетельствующими о наличии устойчивых течений.

СТД-зондирования, субмгновенные скоростные разрезы (получаемые при буксировке ADCP) и гидролокация, наряду с использованием буйковых постановок, отображают картину пространственно-временной изменчивости океанологических полей. Данные зондирования и буксировок ADCP позволяют получить на больших акваториях моря квазимгновенную пространственную оценку течений в режиме близком к 3D.

В сочетании с другими методами описанный комплекс гидрофизических и геофизических исследований измерений по галсам, помимо запланированных точек (станций), позволяет оперативно выявлять участки, представляющие интерес для всестороннего комплексного исследования в изучаемом районе моря.

Литература

1. А.Н. Серебряный, В.Т. Пака, А.О. Корж. Исследования с помощью ADCP течений и внутренних волн в Белом море. Геология морей и океанов. Материалы XVIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Москва, 16-20 ноября 2009 г. Том III. С. 245-249.
2. А.К. Амбросимов, Е.С. Амбросимов, Н.В. Либина. Пространственно-временная изменчивость течений в районе западного свала глубин дербентской котловины Каспийского моря. Физические, геологические и биологические исследования океанов и морей. Коллектив авторов (Отв. Редактор С.М. Шаповалов). – М.: Научный мир, 2010. – 630 с. Стр. 176 – 199.
3. А.К. Амбросимов, Н.В. Либина, А.О. Корж. Инструментальные наблюдения изменчивости гидрофизического

режима Среднего Каспия в июле 2008 года. Экологические системы и приборы. 2010. № 6. Стр. 24-35.

4. Римский-Корсаков Н.А., Сычев В.А., Никитин Г.А. Использование метода гидролокации бокового обзора для визуализации гидродинамических возмущений. X международная конференция. «Современные методы и средства океанологических исследований» 2007. Стр. 8 – 15.

МОНИТОРИНГ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ОКЕАНА В ЮГО-ЗАПАДНОЙ АТЛАНТИКЕ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАНЫМ.

Барканова Т.Б., Ванюшин Г.П., Коробочка А.А.

*ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский
институт рыбного хозяйства и океанографии»*

107140 Москва, ул. В. Красносельская, 17

8(499)264-01-33, e-mail: ladimon@mail.ru

Data of satellite monitoring (GOES-E) of the sea surface temperature (SST) and real time data from vessels and buoys allow us to understand the hydrologic situation in the South-West Atlantic during 1989-2009/ Using the database of weekly SST maps for 1989-2009 and the current weekly SST anomalies, difference, tendency and gradients for the purposes of analysis of synoptic, seasonal and inter annual variability of SST.

Карты температуры поверхности океана (ТПО) акватории Юго-Западной Атлантики (ЮЗА), построенные на основе данных спутникового мониторинга, различной временной дискретности (неделя, месяц, сезон, год) помогают оценить состояние и динамику температурных условий промыслового района Юго-Западной Атлантики. Созданный ФГУП "ВНИРО" банк соответствующих карт ТПО в цифровом и аналоговом видах (с 1989 г. по н/в) может использоваться при оценке текущего влияния температурных условий на ход промысла кальмара *illex argentinus* за пределами 200-мильной экономической зоны Аргентины и выявления сезонов-аналогов на промысле кальмара по температурным условиям за тот же период времени.

Проводимая оценка месячной, сезонной и межгодовой изменчивости ТПО в районе ЮЗА осуществляется на базе карт ТПО двух временных уровней: первый уровень мониторинга составляют карты ТПО недельной дискретности (рис. 1); второй уровень – это карты ТПО месячной, сезонной и годовой дискретности, построенные на суммировании и осреднении карт ТПО первого уровня. Второй уровень мониторинга включает в себя создание более полного комплекта аналитических карт, таких как карт аномалий ТПО, тенденций ТПО, карт градиентов ТПО, карт месячной, сезонной и межгодовой разницы ТПО (Рис. 2).

Карты ТПО первого уровня строятся на основании совместного анализа данных ежесуточной инфракрасной съемки с ИСЗ серии "GOES-E" и измерений температуры воды "in situ", поступающих с судов, буев и береговых станций из Центра Мировых данных (г. Москва). Карты ТПО имеют сечение изотерм 1,0°C, при пространственном разрешении 1,0° географического градуса (Ванюшин Г.П. и др., 2005).

Анализ хода промысла кальмара *illex argentinus* в районе Юго-Западной Атлантики осуществляется на базе данных международной информационной системы FAO (1989-2009 г.г.) и отчетов «Запрыбпроморазведки», АО «Рыбпрогноз» и АтлантНИРО (1989-1995 г.г.).

Для выявления влияния ТПО на начало и дальнейшие условия промысла кальмара (*illex argentinus*) и установления доминантных факторов, связанных с конкретной гидрологической ситуацией, был проведен комплексный анализ особенностей и закономерностей пространственно-временного положения градиентных зон, выраженных распределением поверхностной температуры акватории, с одной стороны, и условий промысла кальмара (*illex*), с другой стороны. А именно были проведены: анализ пространственно-временной изменчивости ТПО в основных районах промысла на основании: недельных карт ТПО ЮЗА, как единственного непрерывного источника информации, который в настоящее время доступен исследователю; карт и графиков отклонений ТПО января от среднемноголетних январских значений ТПО, рассчитанных по данным за 15 лет с 1989 по 2003 г.г., для всего района и для промыслового квадрата 46°-47° ю.ш. и 60°-61° з.д. (таблица №1); анализ пространственно-временной изменчивости градиентов ТПО января на основании карт градиентов ТПО и графиков межгодовой изменчивости градиентов ТПО января в промысловом квадрате 46,5°ю.ш. и 60,5° з.д. в 1989 – 2009 г.г. (таблица №1); анализ положения

стрессия Восточной ветви Фолклендского течения относительно границы 200-мильной экономической зоны Аргентины на широте 46° ю.ш. (в январе 1989-2009 г.г.) по среднемесячным картам ТПО ЮЗА (таблица №2); анализ хода промысла кальмара *illex argentinus* в районе ЮЗА на основании данных международной информационной системы ФАО (данные о годовых выловах кальмара всеми странами в сумме и каждой страной отдельно в тыс.т., в 1989-2009 гг.); анализ хода промысла кальмара *illex argentinus* промысловым флотом СССР, а затем Российской Федерации в районе Патагонского шельфа за пределами границы 200-мильной экономической зоны Аргентины в 1989-1995 г.г. на основании данных «Запробпрозраведки», АО «Рыбпрогноз», АтлантНИРО, (сроки начала, продолжение, интенсивность и объемы промысла, табл. № 1).

Проведенный комплексный анализ промысловых данных и гидрологических показателей на данный период наблюдений выявил тесную связь между распределением и объемами вылова кальмара (*illex argentinus*) на Патагонском шельфе и в промысловом квадрате 46°-47° ю.ш. и 60°-61° з.д., в частности: с величиной отклонений ТПО от среднесноголетних значений ТПО за 1989-2003 г.г. для января (положительные значения отклонений ведут к увеличению объемов уловов и к максимальным уловам на усилие) (рис. 3); с величиной градиентов ТПО в январе в промысловом квадрате 46°-47° ю.ш. - 60°-61° з.д. (образование *тах* градиентов ТПО в районе 45°-47° ю.ш. препятствует выходу кальмара на склон шельфа, за пределы 200-мильной экономической зоны Аргентины) (рис. 4); с положением в январе стрессия Фолклендского течения относительно границы 200-мильной экономической зоны на 46° ю.ш. (смещение стрессия ФТ на восток ведет к увеличению объёмов промысла кальмара за пределами ЭЗ Аргентины (уловы Кореи, Японии), и, наоборот, смещение стрессия на запад ведет к уменьшению уловов за пределами 200-мильной ЭЗ и увеличению их в пределах зоны (уловы Аргентины)) (рис. 5 и таблица № 2).

Таблица № 1

	<i>Суммарный вылов российскими судами кальмара иллекс в январе, тыс.т.</i>	<i>Сезонная динамика уловов на усилие судов типа БМРТ за пределами экономзоны Аргентины в январе, т/сут.</i>	<i>Отклонение значений ТПО ЮЗА января в квадрате 46,5 °ю.ш. и 60,5 °з.д. от среднемноголетних значений, ΔT °C.</i>	<i>Значение градиентов ТПО ЮЗА января в квадрате 46,5 °ю.ш. и 60,5 °з.д., dT °C</i>
1989	1,2	7,5	-0,8	1,9
1990	7,8	18,3	1,8	1,2
1991	2,1	7,4	0,7	3,0
1992	5,6	18,3	0,8	1,4
1993	1,5	13,6	0,2	2,6
1994	3,1	12,6	-0,8	3,8
1995	1,6	24,4	-1,2	3,3

Обширный банк данных ТПО (более 20 лет наблюдений) на промысловый район Юго-Западной Атлантики дает возможность выявлять «сезоны-аналоги» на промысле кальмара *illex argentinus* по температурным условиям за тот же период времени.

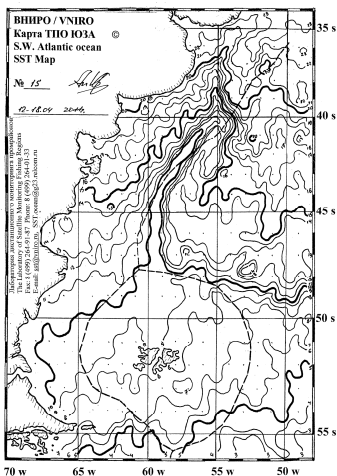


Рис. 1. Пример карты ТПО ЮЗА недельной дискретности

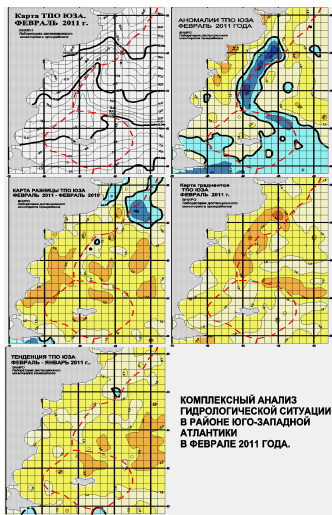


Рис. 2. Пример комплексного анализа температурных условий в ЮЗА среднемесячного осреднения.

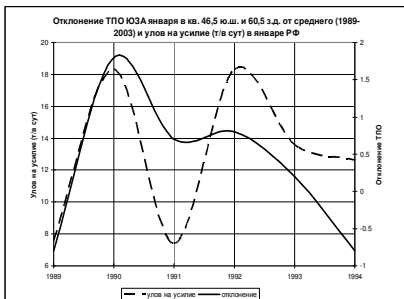


Рис. 3. Отклонение ТПО ЮЗА января в кв. 46,5 ю.ш. и 60,5 з.д. от среднего значения ТПО, рассчитанного за период с 1989 по 2003 г.г. и интенсивность промысла кальмара иллекс (улов на усилие: т/в сут) в январе 1989-1994 г.г.

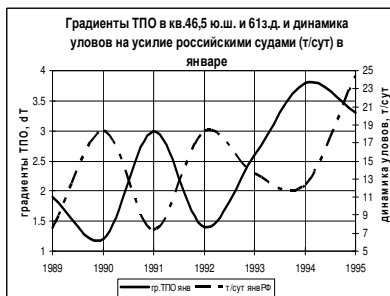


Рис. 4. Градиенты ТПО ЮЗА в кв. 46,5 ю.ш. и 61 з.д. и динамика уловов кальмара иллекс на усилие российскими судами (т/сут) в январе 1989-1995 г.г.

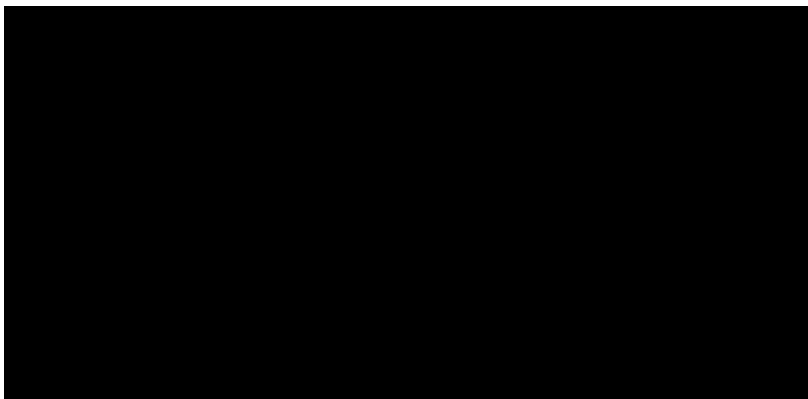


Рис. 5. Отклонение положения стрежня Фолклендского течения от границ 200-мильной экономической зоны Аргентины на 46° ю.ш. и вылов кальмара иллекс флотом Кореи (1990-2009 г.г.)

Таблица № 2

	<i>Суммарный вылов всеми странами, тыс.т.</i>	<i>Суммарный вылов Корея, тыс.т.</i>	<i>Суммарный вылов Япония, тыс.т.</i>	<i>Суммарный вылов Аргентина, тыс.т.</i>	<i>Отклонение стрезня Фолклендского течения от границ 200-мильной зоны Аргентины в январе на 46 °ю.ш., географ. град.</i>
1989	558,453		147,627	23,106	1,68
1990	410,117	111,075	84,4	27,603	1,68
1991	559,505	177,786	108,537	46,313	1,99
1992	610,369	211,284	98,857	77,468	2,06
1993	640,275	128,581	131,707	193,69	1,43
1994	507,638	79,13	92,838	196,893	1,43
1995	521,634	124,005	75,691	199,744	1,75
1996	658,105	144,75	73,896	294,252	1,81
1997	991,799	208,16	127,292	411,719	2,43
1998	700,443	92,397	76,733	291,24	2,12
1999	1153,279	271,716	154,086	343,437	1,93
2000	984,589	150,149	164,678	279,046	1,25
2001	750,434	142,585	70,883	230,272	1,18
2002	540,365	98,649	26,792	177,314	1,62
2003	503,625	91,445	23,424	140,938	1,43
2004	178,974	20,44	10,198	76,485	1,18
2005	287,59	42,939	6,278	146,097	0,87
2006	703,804	138,751	9,592	29,07	1,37
2007	955,05	193,673		233,068	1,87
2008	837,935	157,816		255,531	1,62
2009	260,682	57,607		71,419	1,37

ИССЛЕДОВАНИЯ РАССЕЯНИЯ ЗВУКА В ПРИПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ МЕЛКОГО МОРЯ

Буланов В.А., Корсков И.В., Стороженко А.В.

*Тихоокеанский океанологический институт
им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Россия, 690041,
Владивосток, Балтийская 43 Тел. (423)2374913;
Факс: (423)2312573, E-mail: bulanov@poi.dvo.ru*

Researches of the sound scattering caused by presence of bubbles in subsurface sea layer showed that function of distribution of bubbles in the sizes R has a maximum at $R \sim 10$ micron and exponential recession in subsurface sea layer depending on the speed of a wind.

Верхний слой моря представляет собой динамичную и сложную структуру, постоянно подверженную мощным воздействиям, как со стороны остальной толщи моря, так и со стороны атмосферы. Наиболее резко выражен приповерхностный слой моря, который характеризуется аномально высокими концентрациями газовых пузырьков. Измерение концентрации пузырьков и их распределения по размерам $g(R)$ проводилось различными методами (в основном оптическими и акустическими), и результаты представлены в большом количестве работ [1-6]. Практически все акустические методы предсказывают монотонный рост $g(R)$ при уменьшении R вплоть до $(2 \div 3) \cdot 10^{-3}$ см в соответствии со степенным законом $g(R) \sim R^n$. В то же время оптические методы указывали на прекращение роста g при $R_m \sim (4 \div 7) \cdot 10^{-3}$ см. Последние результаты, полученные акустическими методами Фармером с сотрудниками, показали наличие максимума в области $R_m \sim (1 \div 2) \cdot 10^{-3}$ см [5]. Тем не менее, остались неясными многие вопросы распределения пузырьков по глубине и закономерности эволюции функции $g(R)$ во времени после прохождения различных возмущений, включая эффекты обрушения ветровых волн, кильватерные следы судов, влияние загрязнений.

В работе представлены измерения $g(R)$, полученные на основе метода рассеяния звука [2, 6, 7]. Исследования рассеяния звука и распределения пузырьков проводились с применением остронаправленных акустических излучателей. Измерения коэффициентов рассеяния звука m_v в приповерхностном слое моря основывается на излучении звука различных частот и измерении амплитуд сигналов обратного рассеяния звука. Основная формула для экспериментального нахождения коэффициента рассеяния может быть выражена в виде [1,2,5,6]:

$$m_v(z) = \frac{2}{(\pi \theta^2 c \tau)} \left(\frac{P_{bs}(z)}{P_i(z)} \right)^2, \quad (1)$$

где θ – ширина диаграммы направленности излучателя, c – скорость звука, τ – длительность импульса, P_i и P_{bs} – амплитуды давления в волне, падающей на неоднородность на расстоянии z и рассеянной назад в точке излучения и приема.

Функция распределения пузырьков по размерам $g(R)$ может быть найдена по частотной зависимости коэффициента рассеяния звука $m_v(\omega)$ в предположении, что основной вклад в рассеяние звука вносят резонансные пузырьки [1, 2, 5, 6], радиус которых связан с частотой по формуле Миннерта $R(\omega) = \sqrt{3\gamma P_0 / \rho} / \omega$:

$$g(R(\omega)) = \frac{2\delta_\omega}{\pi R^3(\omega)} m_v(\omega), \quad (2)$$

где δ_ω – коэффициент резонансного затухания на частоте ω .

Исследования временной изменчивости мелкомасштабной структуры приповерхностного слоя моря методом обратного рассеяния звука на стационарной донной станции выявили характерные особенности динамики структуры водного слоя моря, образуемых за счет динамических воздействий (ветровые напряжения, течения, турбулентность и др.) и за счет динамики суточных вариаций планктона. На илл. 11-1 (цв. вкладка) и илл. (11-2 цв. вкладка) представлены полусуточные вариации коэффициента рассеяния звука в различные сезоны. Видны существенные отличия в характере изменения функции $m_v(z, t)$ и ее абсолютных значений.

Основные исследования на донной станции были связаны с изучением структуры приповерхностного слоя моря с распределенными воздушными пузырьками, образующимися в результате обрушения ветровых волн. Особенности рассеяния звука, обусловленного изменением структуры пузырьковых облаков, вовлекаемых ветровыми напряжениями и индуцированными течениями, представлены на рис. 3, типичным для мелкого моря при скорости ветра до 12 м/с (результаты были получены летом 2008 г. на донной станции в шельфовой зоне Японского моря).

Из результатов, представленных на илл. 11-3 (цв. вкладка) видно, что наблюдается значительное вовлечение пузырьков в толщу морской воды. При этом имеется существенная частотная зависимость, что свидетельствует о наличии существенного распределения пузырьков по размерам, вид функции которого оказывается изменяющимся от глубины вовлечения пузырьков в толщу моря.

Используя полученные частотные зависимости можно было построить функции распределения пузырьков по размерам [2, 6, 7]. На рис. 4 представлены распределения пузырьков по размерам в различные временные промежутки: до шторма, во время шторма и после шторма. Видно, что для слабо возмущенной структуры характерно наличие $g(R)$ с максимумом, положение которого

изменяется в зависимости от глубины. Совершенно отличная картина наблюдается во время шторма - здесь в приповерхностных слоях образуется большое количество как больших, так и мелких пузырьков в отсутствии видимого максимума, который, тем не менее, имеется для пузырьков, располагающихся в толще воды с глубинами больше 3 метров. Представленная на рис. 1 объемная концентрация газа в пузырьках, вычисленная на основании данных для $g(R)$, показывает, что во время шторма аэрация воды на шельфе возрастает на 1 - 2 порядка.

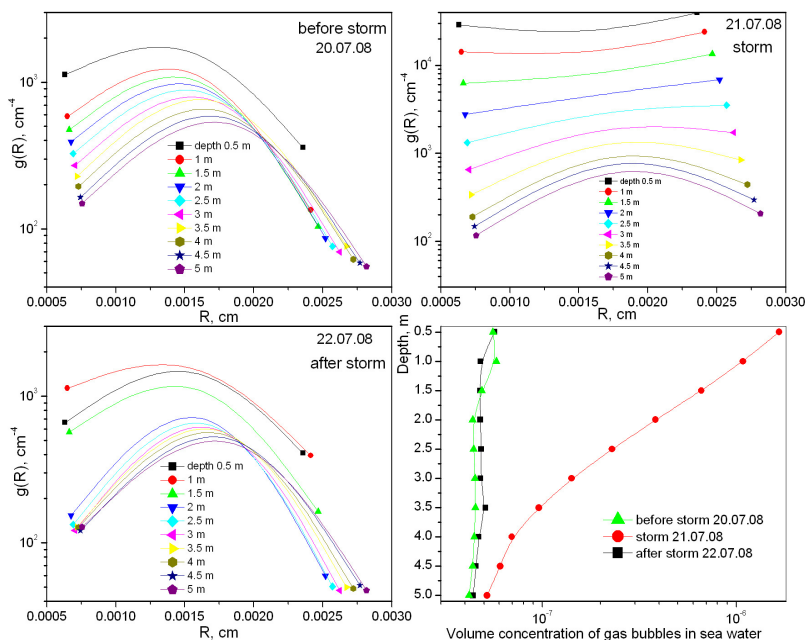


Рис. 1. Функция $g(R)$ и объемная концентрация газа в пузырьках до шторма, во время шторма и после шторма.

Работа была поддержана грантами: ведущей научной школы НШ 3641.2010.5, РФФИ 09-02-01030-а, а также грантами ДВО РАН 09-И-П17-04, 09-П-УО-03-003 и 09-III-A-07-314.

Литература

- 1 Medwin H. // J. Geophys. Res. 1970. V.15, No.3, p.599-611.

- 2 Акуличев В.А., Буланов В.А., Кленин С.А.//Акуст.ж. 1986. Т.32.№3.с.289-295.
- 3 Колобаев П.А. //Океанология. 1975. №6. С.1013-1017.
- 4 Ling S.C., Pao H.P. // In: Sea Surface Sound. Kluwer Acad. Publ. 1988. p.197-210
- 5 Vagle S., Farmer D. // Journ. of Atmospheric and Oceanic Technology. 1992. V.9. No 5. p.630-664.
- 6 Акуличев В.А., Буланов В.А. / В кн. Дальневосточные моря России: в 4 кн./ Гл.ред. акад. В.А. Акуличев. Кн.4. Физические методы исследования/ отв.ред. Г.И.Долгих. –М.: Наука 2007, с.129-231
- 7 Буланов В.А. Введение в акустическую спектроскопию микронеоднородных жидкостей. Владивосток: Дальнаука. 2001. 280 с.

ВЛИЯНИЯ ВЕТРОВЫХ НАГРУЗОК НА ОСОБЕННОСТИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ВОДООБМЕНА В ВИСЛИНСКОМ ЗАЛИВЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Есюкова Е.Е., Лейцина Л.В., Чубаренко Б.В.

*Атлантическое отделение Института океанологии
им. П. П. Шишова РАН, лаборатория прибрежных
систем, 236022, Калининград, пр. Мира, 1;
тел. (4012) 956911, факс (4012) 916970,
E-mail: elena_esiukova@mail.ru, lvleitsina@mail.ru,
Chuboris@mail.ru*

The hydrodynamics of a shallow non-tidal Baltic lagoons is generally driven by wind influence Three-dimensional hydrodynamic model MIKE3-FlowModel was used for estimation of the horizontal water exchange in the Vistula Lagoon (the South-East part of the Baltic Sea).

В работе рассматриваются результаты численного моделирования воздействия на Вислинский залив продолжительного постоянного ветра, формирование устойчивой структуры ветровых течений, горизонтального водообмена в различных районах залива.

Для анализа особенностей горизонтального водообмена для Вислинского залива (юго-восточная часть Балтийского моря)

использовалась трехмерная гидродинамическая модель MIKE3-FlowModel.

Был активизирован модуль проведения расчетов в гидростатическом приближении. Учитывалось действие силы Кориолиса ($54^{\circ}30'$ северной широты) и трение о дно (коэффициент 0.05 м - сопротивление о дно задается в терминах размера шероховатости дна (м)). Для параметризации турбулентности была выбрана модель Смагоринского (коэффициенты турбулентной вязкости по горизонтали и вертикали равнялись 0.088 и 0.176 соответственно). Расчеты проводились при реальной конфигурации береговой линии и структуре глубин залива, снятых с навигационных карт масштаба $1:50000$ и $1:25000$. Расчёты проводились на регулярной прямоугольной сетке 160×110 ячеек по горизонтали ($500 \text{ м} \times 500 \text{ м}$), 25 слоев по вертикали (шаг 0.5 м). Шаг по времени, определяемый условием близости к единице числа Куранта, составлял 60 с . Залив не был стратифицирован по температуре и солёности. Солёность воды равнялась 3.5 psu , что примерно соответствует условиям начала весны, и была постоянна по пространству и времени. Температура воды была постоянна и равнялась 2.5°C . Учтён реальный для данной широты ход солнечной радиации (дневной прогрев - ночное выхолаживание) для марта месяца. Атмосферные осадки не были включены в расчет. Водоем полностью замкнутый, сток рек отсутствует. Водные массы приводятся в движение только за счет напряжения ветра, воздействие которого однородно по всей поверхности. Коэффициент трения между воздухом и водой был постоянен на всем периоде вычислений (0.0016).

Географическое положение залива таково, что ось его основного горизонтального вдольберегового простираения составляет примерно 45° (с юго-запада на северо-восток). При модельных расчетах направление ветра задавалось в поперечном направлении (NW или 315°) и в продольном (SW или 225°) по отношению к направлению простираения залива. Длительность интервала постоянного действия ветра составляла 48 часов. Расчеты проводились при скоростях ветра 1 м/с , 4 м/с , 7 м/с и 10 м/с .

Чтобы исследовать структуру, характер и величину горизонтального водообмена внутри Вислинского залива, анализировались временные серии (с шагом 60 с в течение 48 часов) величин горизонтального объёмного расхода через 7 вертикальных сечений, располагавшихся в различных районах лагуны и приуроченных к существующей сети станций мониторинга залива. Рассматриваемые сечения простирались от берега до берега и

захватывали всю глубину водоёма (от поверхности до дна, без деления на слои). Анализируемой характеристикой был интегральный объёмный расход вод Q ($\text{м}^3/\text{с}$) и удельный объёмный расход вод Q/L ($\text{м}^3/\text{с}$)/м.

Проведённый анализ величин расходов вод через заданные вертикальные сечения показал, что при различных ветровых нагрузках (направлениях и скоростях ветра) удельный объёмный расход меняется от 0.0018 ($\text{м}^3/\text{с}$)/м до 0.1411 ($\text{м}^3/\text{с}$)/м.

При поперечном направлении ветра (NW) при скорости 1 м/с удельный объёмный расход в различных частях залива меняется в пределах от 0.0018 ($\text{м}^3/\text{с}$)/м до 0.0072 ($\text{м}^3/\text{с}$)/м; при скорости 4 м/с - от 0.0046 ($\text{м}^3/\text{с}$)/м до 0.0367 ($\text{м}^3/\text{с}$)/м; при скорости 7 м/с - от 0.0089 ($\text{м}^3/\text{с}$)/м до 0.0734 ($\text{м}^3/\text{с}$)/м; при скорости 10 м/с - от 0.0137 ($\text{м}^3/\text{с}$)/м до 0.1100 ($\text{м}^3/\text{с}$)/м. При продольном направлении ветра (SW) при скорости 1 м/с удельный объёмный расход меняется в пределах от 0.0067 ($\text{м}^3/\text{с}$)/м до 0.0112 ($\text{м}^3/\text{с}$)/м; при скорости 4 м/с - от 0.0308 ($\text{м}^3/\text{с}$)/м до 0.0575 ($\text{м}^3/\text{с}$)/м; при скорости 7 м/с - от 0.0465 ($\text{м}^3/\text{с}$)/м до 0.0990 ($\text{м}^3/\text{с}$)/м; при скорости 10 м/с - от 0.0658 ($\text{м}^3/\text{с}$)/м до 0.1411 ($\text{м}^3/\text{с}$)/м.

Отмечено, что горизонтальный обмен (самые большие расходы через сечения) наиболее интенсивно происходит в районах, расположенных в наиболее глубоких частях залива (через станции 10, 7, 3). Сравнительный анализ показывает, что при поперечном направлении ветра NW при увеличении скорости ветра от 1 м/с до 10 м/с удельные расходы увеличиваются в среднем в 18 раз (по отдельным сечениям – в 5-26 раз), при продольном направлении ветра SW – в 12 раз (по отдельным сечениям – в 9-15 раз). Отмечено, что при продольном направлении ветра (SW) удельные расходы через одни и те же сечения при одной и той же скорости ветра в среднем в 2.5 раза больше, чем при поперечном направлении ветра (NW). Полученные результаты исходят из условия, что расходы через вертикальные сечения осреднены, описывают структуру, характер и величины горизонтального водообмена в Вислинском заливе в общем, без деталей.

Анализ эпюр компонент скоростей течений (направления и скорости) свидетельствует о формировании в установившемся режиме двухслойной структуры течений в заливе. Направление течения у поверхности соответствует направлению ветра, в промежуточном слое течения «разворачиваются», и в придонном слое в областях средних и больших глубин течения направлены в сторону, обратную направлению ветра. По абсолютной величине скорости течений уменьшаются при удалении от поверхностных слоев, проходя через

свой минимум в промежуточном слое, и далее возрастают до своего промежуточного максимума в придонном слое. Непосредственно у дна наблюдается падение скорости, обусловленное трением о дно.

В мелководных частях залива горизонтальная структура течений однослойная, течения направлены по ветру, их скорость падает от поверхности до дна.

При поперечном ветре в верхнем слое (25 см от поверхности) наблюдаемые скорости течений лежат в диапазоне от 0,02 м/с до 0,11 м/с. В промежуточных слоях (75-175 см) скорости принимают значения от 0,002 м/с до 0,2 м/с. В нижних слоях значения скоростей соответствуют 0,003-0,08 м/с (250-450 см).

При продольном ветре значения скоростей в поверхностном, промежуточном и нижнем слое соответственно лежат в диапазонах 0,08-0,03 м/с, 0,001-0,1 м/с, 0,05-0,1 м/с.

Работа выполнялась при поддержке грантов РФФИ № 08-05-92421, 10-05-00540, 10-05-00472, 11-05-00674.

ХОЛОДНЫЕ ИНТРУЗИИ В ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ СЛОЙ: ФИЗИКА БАЙКАЛА В УСЛОВИЯХ ХПС БАЛТИКИ?

Чубаренко И. П.¹, Баудлер Х.²

¹*АО института океанологии им. П.П. Шириова РАН,
236022 Калининград, проспект Мира, 1
тел. 8(4012)451574, e-mail: irina_chubarenko@mail.ru*

²*Институт водной экологии университета Росток,
D-18374 Ostseebad Zingst, Mühlenstrasse 27
tel. +49(38232) 891024,
E-mail: henning.baudler@biologie.uni-rostock.de*

Hourly data sets on water temperature and salinity during 2005-2006 years at MARNET Arkona station (IOW, BSH) are analyzed, corroborating the appearance of colder water intrusions in intermediate and near-bottom layers in early spring. It is shown, that ventilation of the upper portion of the Baltic pycnocline is most deep and effective during this very time of a year, and associated with the transfer over the temperature of maximum density in upper layers, much alike to that in Lake Baikal.

В термохалинной структуре Балтийского моря, как и в других средиземноморских морях, в тёплое время года наблюдается холодный

промежуточный слой. Вопрос о его происхождении и механизмах формирования остаётся неясным. В работе анализируются двухлетние ряды (2005-2006 гг.) ежечасных измерений температуры на глубинах 2, 7, 25 и 40 м и солёности на 7, 25 и 40 м на станции Arkona basin (54° 53'N, 13° 52'E, глубина 46 м) сети MARNET (данные любезно предоставлены для анализа господином Detlev Machoczek, German Federal Maritime and Hydrographic Agency (BSH)). В течение рассматриваемого периода времени (2005-2006) существенных затоков североморской воды в Балтику не наблюдалось, поэтому изменения термохалинной структуры были обусловлены в основном внутри-балтийскими процессами. Выбранные для анализа годы не относятся к аномальным; с точки зрения формирования ХПС особенно важны зимний и весенний периоды года. Так, зима 2004/2005 была умеренно холодной (сумма отрицательных температур в Южной Балтике составила всего 32 К*день, при среднемноголетнем (1946-2006) значении 106 К*день), но с холодным мартом. Зима 2005/2006 гг. была несколько суровее (сумма отрицательных температур 98 К*день), но всё равно теплее среднемноголетней (Nausch et al., 2007).

Анализ данных показывает, что самые низкие температуры в промежуточных и придонных слоях Арконского бассейна отмечаются не в зимний период, а в марте, когда на поверхности уже начинается весенний прогрев (см. рис. 1). При этом температура воды по всей глубине в оба рассмотренных года была ниже температуры максимальной плотности (T_{md}). В зимний период даже продолжительные ветра со скоростью 15-20 м/с не перемешивают воды по вертикали, в то время как с приближением весны очевидна общая тенденция уменьшения градиентов температуры / солёности / плотности по вертикали («preconditioning» - аналогично ситуациям формирования плотных вод в Средиземном море). На этом фоне резкое опускание температуры воды на горизонтах 25 и 40 м обеспечивается не местной вертикальной конвекцией или ветровым

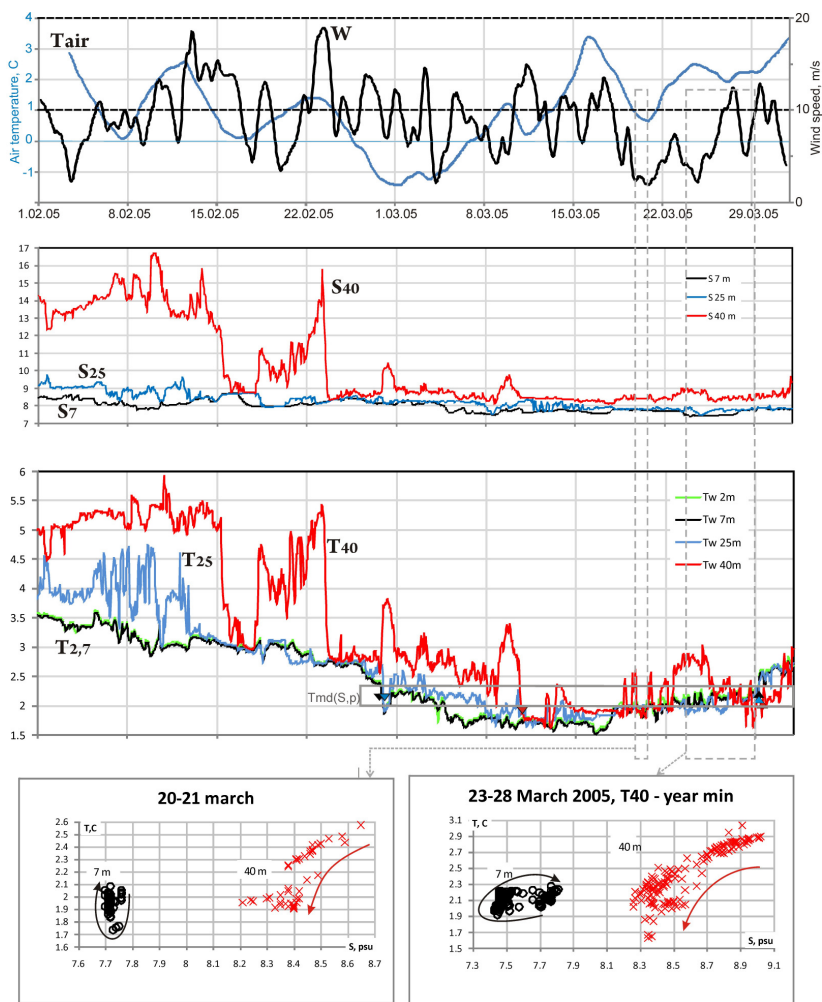


Рис. 1. Фрагмент данных MARNET (Arkona station) за февраль и март 2005: (а) сглаженные скользящим средним (5 часов) кривые для температуры воздуха и скорости ветра, (б), (в) солёность и температура на горизонтах 7, 25 и 40 м и (г) TS-диаграммы эпизодов резкого падения температуры воды в промежуточном слое 20-21 и 23-28 марта, показывающие, что развитие процессов на горизонтах 7 и 40 м происходило независимо.

перемешиванием, а прибытием горизонтальных интрузий: приведённые на рис. 1 (внизу) TS-диаграммы очевидно показывают, что развитие процессов в поверхностном (7 м) и придонном (40 м) горизонтах происходит независимо, причём значительное опускание температуры воды на глубинах 25 и 40 м чаще соответствует небольшому росту температуры воды верхних слоёв. В целом, общий вид кривых изменения температуры и солёности убеждает, что периодов полной гомогенизации водной толщи в Арконском бассейне практически не наблюдается.

В попытках охарактеризовать пространственную изменчивость термохалинных полей в рассмотренные периоды, были проанализированы данные измерений на прибрежной станции Zingst ($54^{\circ} 26' N$, $12^{\circ} 41' E$, в 90 км к юго-западу от станции Arkona basin, для 2005 г. см. рис. 2). Сравнение показало, что прибрежные воды заметно отличаются от открытых: зимой они значительно холоднее (опускание температуры ниже T_{md} произошло в 2005 г. на станции Zingst - 15 февраля, а в центре Арконского бассейна (рис. 1) – только 1 марта; минимальная температура воды у берега составляла $-1^{\circ} C$, в то время как в центре бассейна минимальной была $T=+1.6^{\circ} C$), а весной прогрев начинается раньше (переход через T_{md} : 16 марта (Zingst) – 30 марта (Arkona)). Солёность максимально холодных прибрежных вод на станции Zingst составляла 9.25-9.5 psu, что близко к диапазону изменений солёности в промежуточных и глубинных слоях Арконского бассейна. Важно отметить, что юго-западное побережье (Zingst) – не самое близкое для станции Arkona basin, и, скажем, северные берега находятся всего лишь в 40 км от неё. Таким образом, в непосредственной окрестности от станции Arkona basin имеются источники холодных и достаточно солёных вод.

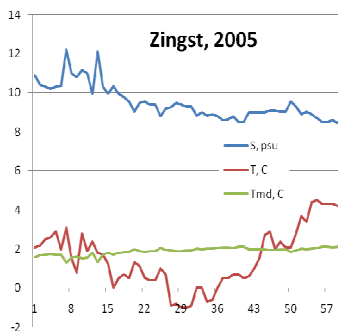


Рис. 2. Температура и солёность вод в прибрежной зоне (Zingst, 90 км к юго-западу от Arkona station) в феврале и марте 2005. Приведена рассчитанная кривая $T_{md}(S, p=0, t)$, переход через которую пришёлся на 16 марта.

Физически важным моментом представляется то, что максимально эффективная вентиляция промежуточных и придонных слоёв приходится на период перехода температуры воды в бассейне через T_{md} , что делает ситуацию в Балтике схожей с тем, что наблюдается на Байкале (Шимараев, Гранин, 1991; Wüest et al., 2005): там активность интрузий также связывают с сезонным переходом через T_{md} . Аналогичной оказывается в этот период и термическая структура вод Балтики по вертикали: в течение нескольких недель верхний слой имеет температуру $T < T_{md}$, в то время как придонные слои сохраняют $T > T_{md}$ (рис. 1). Таким образом, имеется область перехода через T_{md} на промежуточных горизонтах (как на Байкале – мезотермический максимум), и, следовательно, формированию наиболее эффективных интрузий на Балтике может способствовать и термобарическая неустойчивость. (Строго говоря, в Байкале она возникает в связи с изменением T_{md} из-за роста давления с глубиной; в Балтике же T_{md} изменяется с глубиной в основном из-за изменений солёности; но физическая основа возникающей неустойчивости остаётся той же.)

Исследования ведутся при поддержке РФФИ (10-05-00540а).

Литература

1. Nausch, G., Feistel, R., Lass, H.U., Nagel, K., Siegel, H. Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee 2006. Meereswiss. Ber., Warnemünde, No. 70, 2007.
2. Шимараев М.Н., Гранин Н.Г. 1991. Температурная стратификация и механизм конвекции в озере Байкал // ДАН. Т. 321. № 2. С.381-385.
3. Wüest A, Ravens T.M., Granin N.G. (2005) Cold intrusions in Lake Baikal: Direct observational evidence for deep-water renewal. Limnology and Oceanography 50 (1): 184–196.

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ПОЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И ПРОЗРАЧНОСТИ ПО ДАННЫМ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА АЗОВСКОГО МОРЯ

**Жукова С.В., Шишкин В.М., Куропаткин А.П., Лутынская Л.А.,
Фоменко И.Ф., Подмарева Т.И., Бурлачко Д.С.**

ФГУП «АзНИИРХ»

344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21;

Телефон / Телефакс: (863) 2624850 / (863) 2620505

E-mail: riasfp@aanet.ru

On the base of the identification data of the field work and satellite monitoring of the water surface of the Sea of Azov some similarities and differences in rendering the spatial distribution of temperature and water transparency were revealed.

Решение задач по освоению природных ресурсов России не представляется возможным без организации Государственного мониторинга атмосферного воздуха, водных объектов и континентального шельфа. В рамках организации мониторинговых исследований Азовского моря ведущая роль, безусловно, принадлежит Росгидромету, в ведомстве которого находится сеть морских гидрометеорологических станций, контролирующих целый перечень параметров природной среды, а также ГУ «НИЦ «Планета» - ведущая организация по эксплуатации и развитию космических систем наблюдения Земли с помощью российских и зарубежных оперативных спутниковых систем. С 2006 г. ГУ «НИЦ «Планета» выпускает «Ежемесячные бюллетени спутникового мониторинга Российского сектора Черного и Азовского морей», свободный доступ к которым (интернет-ресурс <http://planet.iitp.ru/index1.html>) стал исключительно полезным «подспорьем» при анализе гидрометеорологического режима морей. Наряду с Росгидрометом мониторинговые исследования акваторий Мирового океана выполняет целый ряд ведомств, экономические интересы которых напрямую зависят от состояния воздушной и водной среды. К таковым относится и Агентство по рыболовству (Росрыболовство), интересы которого в Азово-Черноморском бассейне представляет ФГУП «АзНИИРХ». Научная деятельность этой организации включает, в том числе, и

мониторинговые исследования Азовского моря, проводимые в трех-четырёх сезонных экспедициях (весна, лето, осень) с 1961 г.

Анализ структуры термических полей ряда гидрологических параметров, полученных по данным экспедиционных и космических исследований, проведен с целью выявления корректности сопоставления и трактовки данных. Проведение подобного анализа стало возможным в части двух параметров гидрологического режима Азовского моря: температуры поверхности воды и прозрачности вод, в наибольшей мере публикуемых в «Бюллетенях...» спутникового мониторинга. При этом следует иметь в виду, что в экспедиционных исследованиях проводится мониторинг относительной прозрачности воды с использованием белого диска, а по данным космического мониторинга оценивается степень мутности с помощью метода распознавания.

Для проведения сравнительного анализа было сочтено целесообразным скомпоновать данные визуализации пространственного распределения температуры поверхности моря (ТПМ) и прозрачности, отслеженные в апреле, августе и октябре примерно в одни и те же периоды, например, в 2008 г. (илл. 14-1 и 14-2 цв. вкладки).

Совместный анализ данных визуализации выявляет высокую сходимость результатов определения ТПМ в части диапазона изменений температуры (см. градуировку вспомогательных шкал на рис. 1). Значительное сходство данных обнаруживается и при анализе ориентации в пространстве относительно теплых и холодных зон. Так, например, в апреле, области наиболее прогретых вод и в том и в другом случаях располагались в Таганрогском заливе и на востоке моря. Отсутствие на карте-схеме распределения ТПМ, построенной по данным ФГУП «АзНИИРХ», зоны высоких температур на северо-западе моря, имеющей место на карте НИЦ «Планета», может быть объяснено тем, что съемка этой акватории в экспедиционных условиях была проведена в более поздние сроки. В летний период пространственное распределение ТПМ во втором случае имеет более сложную структуру, хотя зоны теплого фронта в обоих случаях располагались в южной части моря. Совпадают, в целом, и температурные «поля», по данным октябрьской съемки акватории. Учитывая, что космическая съемка была проведена за день до начала экспедиционных исследований, очевидно, что в собственно море в более поздние сроки произошло незначительное охлаждение водных масс, а зоны наименее прогретых вод располагались в мелководных районах Таганрогского залива и прибрежной акватории на востоке

моря. Это вполне укладывается в закономерности пространственного распределения ТПМ в условиях осеннего охлаждения вод.

Анализ результата компоновки данных пространственного распределения прозрачности воды Азовского моря в целом позволяет определить значительную сходимость данных (илл. 14-2 цв. вкладки). По данным экспедиционных исследований ФГУП «АзНИИРХ», в период экспедиции (9-16 апреля) наименьшая прозрачность вод отмечалась в Таганрогском заливе и Ейском лимане, а максимальная – в центральной и южной частях моря. На космическом снимке (от 21 апреля) отчетливо видно, что зоны с наибольшей мутностью отмечаются уже не только в Таганрогском заливе, но и вдоль западного и восточного побережья, а область максимальной прозрачности несколько сместилась на юго-восток. Данное расхождение объясняется имевшими место погодными условиями (воздействие сильного переменного ветра, сопровождавшегося стонно-нагонными явлениями в устье Дона и взмучиванием вод), а так же тем, что съемка акватории была проведена ГУ «НИЦ «Планета»» в более поздние сроки. Карты прозрачности летнего и осеннего периода в целом совпадают. Карты-схемы, представленные ФГУП «АзНИИРХ», имеют незначительные смещения областей максимальной и минимальной прозрачности, что объясняется дискретностью первой и второй съемок. Таким образом, при анализе совмещенных данных пространственного распределения ТПМ и прозрачности выявлены: значительная сходимость результатов определения температуры поверхности воды; совпадение в целом ориентации в пространстве теплых и холодных фронтов, более или менее прозрачных (мутных) водных масс; более сложная структура термических полей по результатам мониторинга в экспедиционных условиях.

Оценивая достоинства и недостатки экспедиционного и космического методов мониторинга Азовского моря, можно отметить, что более высокой точностью пространственного распределения температуры поверхности моря обладают данные спутникового мониторинга, отражающие одномоментную для всего моря ситуацию. Экспедиционные исследования имеют большую дискретность, поэтому представленные карты отражают ситуацию, формируемую в течение 10-12 суток. Однако данные спутникового мониторинга отражают результаты зондирования исключительно поверхностного слоя водной толщи, в то время, как данные экспедиционных исследований позволяют отслеживать ситуацию еще и в плоскостях горизонтов «5 м» и «дно», а также оценить преобразования

термохалинной структуры вод по вертикали, что не представляется возможным по результатам космического мониторинга.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ СТРАТИФИКАЦИИ ВОД АЗОВСКОГО МОРЯ.

**Куropаткин А.П., Жукова С.В., Шишкин В.М.,
Бурлачко Д. С., Лутынская Л.А., Фоменко И. Ф., Подмарева Т.И.**

*ФГУП «АзНИИРХ»,
344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21 в
Телефон / Телефакс: (863) 2625075 / (863) 2620505;
E-mail: riasfp@aanet.ru*

Some regularities have been considered concerning the spatial-temporal structure of vertical water stability in the Azov Sea and some factors as well on which the level of water stratification depends.

Наличие стратификации водной толщи существенно замедляет, а иногда и блокирует процессы вертикального водообмена, препятствуя насыщению придонных слоев кислородом, тем самым влияя на ход гидрохимических и гидробиологических процессов. В результате в теплое время года в придонных горизонтах Азовского моря нередко возникают анаэробные ситуации, оказывающие негативное воздействие на условия существования гидробионтов

Основные факторы, определяющие стратификацию. Формирование стратификации вод Азовского моря определяется широким комплексом факторов. В первую очередь, - это климатообусловленное и антропогенное преобразование объема и внутригодового распределения речного стока, влияющее на солевое расслоение вод моря. Как показывают наши исследования (Куropаткин, 1991, 2001, 2002, 2004 и 2006), в периоды с повышенной водностью р. Дон наибольшие показатели солевой составляющей вертикальной устойчивости приурочены к акватории Таганрогского залива и северной части собственно моря. В условиях высокой водности р. Кубань существенное солевое расслоение наблюдается на востоке и юго-востоке акватории собственно моря. В маловодные годы адвекции слаботрансформированных черноморских вод в придонные горизонты способствуют формированию высокого уровня солевого расслоения вод на юге и в центре моря. В этих

условиях возрастает вероятность высоких показателей солевого расслоения в юго-западной части акватории моря, в зоне смешения пресных кубанских с солеными водами предпроливья. В результате этих особенностей гидрологического режима минимальные показатели солевой составляющей вертикальной устойчивости отмечаются в периоды стабильного гидрологического состояния моря. В годы с активизацией процессов осолонения либо опреснения солевая составляющая стратификации возрастает. Таким образом, единственной возможностью частичного управления процессами формирования стратификации вод моря является воздействие через режим речного стока.

Влияние термического режима на формирование температурной составляющей вертикальной устойчивости однозначно: изменения этого показателя определяются прогревом или охлаждением поверхностных слоев моря и, соответственно, вариабельностью перепадов температуры по вертикали.

Наиболее сложным и неоднозначным является влияние ветровой деятельности на стратификацию вод моря. В первую очередь, воздействие ветра является основным фактором разрушения стратификации - динамическое перемешивание приводит к сглаживанию вертикальных и пространственных градиентов солёности и температуры. Однако, в некоторых гидрологических ситуациях, воздействие воздушных потоков способствует формированию ветровых течений. Подобные гидрологические ситуации обычно сопровождаются компенсационными заточками в придонные горизонты соленых вод и обострению солевого, а в некоторых случаях температурного расслоения.

Стратификация вод моря весной. Для весеннего периода характерна высокая степень изменчивости этого показателя. Это обстоятельство связано с ведущей ролью солевой составляющей вертикальной устойчивости. Антропогенное преобразование режима речного стока на современном этапе приводит не только к его сокращению, но и внутригодовому перераспределению. В результате этого наблюдается понижение градиентов солёности в весенний период и, соответственно, формирование отрицательного тренда в колебаниях солевой составляющей устойчивости (-18 усл. ед. в год).

В процессе изменений температурной составляющей наблюдается слабо выраженная тенденция к ее росту. Скорее всего, этот факт связан с тенденциями в многолетних изменениях термического режима (Куропаткин и др., 2009). В целом, степень

стратификации вод Азовского моря весной имеет тенденцию к снижению (- 11 усл. ед. в год).

Стратификация вод моря летом. Наиболее негативное влияние стратификации на условия обитания гидробионтов наблюдается в летний период. Активные процессы прогрева поверхностных вод в море, наряду с солевым расслоением, способствуют формированию экстремально высоких значений вертикальной устойчивости и гидрофизических предпосылок для возникновения анаэробных ситуаций в придонных горизонтах.

Солевая составляющая вертикальной устойчивости, как показывает испытание на тренд, увеличивается (24 усл. ед. в год). Указанная тенденция обусловлена, главным образом, антропогенными и климатообусловленными преобразованиями в гидрологическом режиме Азовского моря.

Температурная составляющая вертикальной устойчивости в июле также имеет тренд к увеличению (8 усл. ед. в год). Скорее всего, это связано с особенностями в проявлении процессов потепления в Азовском море. Как показывает анализ изменений в термическом режиме прибрежных районов моря, по данным МГМС российского сектора (Куропаткин и др., 2009), в максимальной степени тренд к повышению отмечается в июле - сентябре. Как следствие, суммарная величина вертикальной устойчивости вод Азовского моря в июле ежегодно увеличивается на 33 усл. ед. в год. Изменения стратификации вод Азовского моря в августе имеют еще более четко выраженный тренд к росту. Так, уравнение тренда изменений температурной составляющей устойчивости указывает на пятикратно более высокую, чем в июле, скорость её роста ($y = 40x + 527,3$). Солевая составляющая вертикальной устойчивости в то же время возрастала в меньшей степени ($y = 15x + 1437,1$).

В результате рост степени стратификации вод моря, в целом, в августе оказалась максимальной за все сезоны ($y = 54x + 1964,4$).

Стратификация вод моря осенью. Температурная составляющая вертикальной устойчивости в осенний период, под влиянием процессов выхолаживания, обычно находится на довольно низком уровне. Однако процессы потепления, прослеживающиеся и в октябре, сказались и на многолетних изменениях исследуемого показателя, обусловив его положительный тренд. Формирование солевой составляющей вертикальной устойчивости происходит осенью в более сложных условиях. Это обстоятельство связано с активизацией ветровой деятельности. В результате, для осеннего

периода характерна и высокая степень вариабельности показателей стратификации.

Таким образом, формирование пространственно–временной структуры стратификации вод на акватории Азовского моря является функцией широкого спектра воздействия климатических и антропогенных факторов. В первую очередь, - это объем и внутригодовое распределение речного стока, современные тенденции в изменениях термического режима и активности ветровой деятельности. В результате комплексного воздействия перечисленных факторов в последние годы расслоение вод моря увеличивается в большей степени на юге и юго-востоке моря.

С учетом прогноза продолжающегося потепления и антропогенного преобразования речного стока, скорее всего, тенденция к увеличению стратификации вод Азовского моря найдет своё продолжение и в перспективе.

Литература

1. Куропаткин А.П. Плотность и устойчивость вод. // «Моря СССР», Науч. – справочное пособие, Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 5, Санкт - Петербург, 1991.
2. Куропаткин А.П. Пространственно - временная структура вертикальной устойчивости вод Азовского моря в летний период. //Среда, биота и моделирование экологических процессов в Азовском море. РАН, Апатиты, 2001. С. 33-44.
3. Куропаткин А.П. Многолетние вариации весенней структуры вод Азовского моря. // Экосистемные исследования Азовского моря. РАН, Апатиты, 2002. С. 110-118
4. Куропаткин А. П. Распределение стратифицированных зон на акватории Азовского моря в августе. \ Основ. Проб. Рыбного хоз. И охраны рыбохоз. Водоемов Азово-черноморского бассейна. ФГУП АЗНИИРХ, Ростов-на-Дону, 2004. С.10- 18.
5. Куропаткин А. П. Особенности формирования стратификации вод Азовского моря в осенний период. // Основ. Проб. Рыбного хоз. И охраны рыбохоз. Водоемов Азово-черноморского бассейна. ФГУП АЗНИИРХ, Ростов-на-Дону, 2006. С. 39-43.
6. Куропаткин А.П., Жукова С.В., Шишкин В.М., Фоменко И.Ф. Особенности многолетних изменений солености Азовского моря. // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна. ФГУП АЗНИИРХ, Ростов-на-Дону. 2006. С.54-60.

7. Куропаткин А.П., Жукова С.В., Шишкин В.М., Лутынская Л.А., Фоменко И.Ф., Подмарева Т.И. Влияние условий среды обитания на развитие популяции пиленгаса в Азовском море. // Генетические и вероятностные методы в гидрологии, проблемы развития и взаимосвязи. РАН, ИВП РАН, М. науки и обр. Украины, ОГЭУ. Москва, 2009. С. 233-240.

ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ В 2001-2010 ГГ.

**Жукова С.В., Шишкин В.М., Куропаткин А.П., Лутынская Л.А.,
Фоменко И.Ф., Подмарева Т.И., Бурлачко Д.С.**

*ФГУП «АзНИИРХ»
344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21;
Телефон / Телефакс: (863) 2624850 / (863) 2620505
E-mail: riasfp@aanet.ru*

In this article regularities of the formation of the thermic regime and spatio-temporal variability of water temperature according to the data of hydro-meteorological stations and field work were revealed.

Изучение термического режима в рамках гидрометеорологического мониторинга российского сектора северо-восточной части Черного моря осуществляется ФГУП «АзНИИРХ» ежегодно (с 1994 г.) в двух комплексных экспедициях: весной (май) и в переходный период от лета к осени (август-сентябрь) на 25-ти стандартных станциях. Максимальное удаление глубоководных станций от береговой черты достигает 24 миль. Из комплекса климатообразующих факторов, определяющих развитие гидрологических процессов в Черном море, первостепенное значение имеют температура воздуха и ветер, от которых зависят ход гидрофизических процессов в верхнем слое моря и динамика вод.

Анализ изменчивости значений среднемесячных и среднегодовой температур воздуха, по данным морской гидрометеорологической станции (МГМС) Новороссийск за период 1881-2010 гг. выявил положительные тренды, свидетельствующие о потеплении в целом воздушной среды. Согласно полученным уравнениям, темпы роста среднемесячных и среднегодовых значений температуры воздуха (январь – декабрь) составляли примерно 0.008-

0.01 °C в год. Рост среднемесячных значений температуры воздуха отчетливо прослежен и при сравнении среднемесячных значений исследуемого (2001-2010 гг.) и многолетнего (1881-2000 гг.) периодов по данным МГМС Новороссийск, согласно которому во внутригодовом распределении среднемесячных температур, а также в среднегодовых значениях отмечается положительная аномалия, достигающая максимума, равного 2.3 °C, в августе. Аналогичное сравнение среднемесячных значений температуры воды с нормой показало, что наибольшей положительной аномалией (2.2 °C) характеризовались февраль и октябрь, июльское значение оказалось на уровне нормы, а среднемесячная температура мая за период 2001-2010 гг. оказалась на 0.3 °C ниже нормы. В «поле» температуры воды (по данным среднемесячных значений МГМС Новороссийск) за период 2001-2010 гг., представленном с интерполяцией среднемесячных значений через 1 °C, также прослеживается потепление водной среды (рисунок 1). Так, на уровне 2001 г. за период май-июнь отмечалось повышение температуры на 7 °C, а на уровне 2010 г. за этот же временной интервал приращение температуры воды составляло 11 °C. Темпы осеннего охлаждения в октябре–ноябре на входе «поля» (2001 г.) составляли 9 °C, а на выходе (2010 г.) – только 7 °C. Визуальное расширение диапазона изменения температуры в пределах 21-28 °C отмечается на уровне 2007 и 2010 гг. с третьей декады июня по вторую декаду октября.

Ветровой режим в летний и осенний сезоны на побережье северо-восточной части Черного моря в целом (за последние десять лет) характеризовался депрессией. По данным прибрежных МГМС (Сочи и Новороссийск), за рассматриваемый период отмечалось преобладание северо-восточного переноса воздушных масс, составившее, например, за зимний период в районе Новороссийска 29%. Весной и летом в районе Сочи отмечалось существенное влияние западных и южных ветров (16-19 %). Средние за сезон скорости ветра составляли 3-6 м/с. При проведении морских исследований, нередко проходящих на фоне смены атмосферных фронтов, отмечались значительные повышения скоростей ветра (до 10-15 м/с).

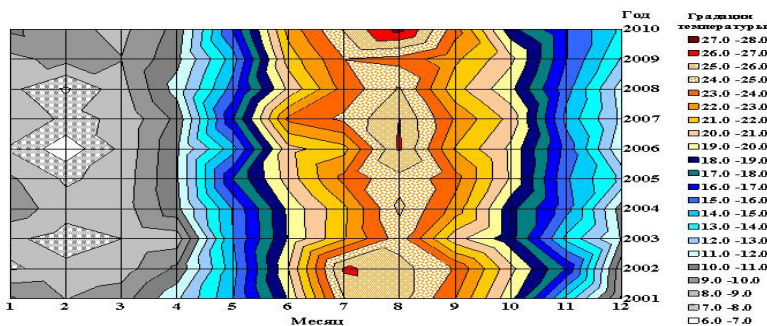


Рис. 1. Термическая структура водной поверхности в период 2001-2010 гг., по среднемесячным значениям температуры воды МГМС Новороссийск.

При анализе термического режима водной среды северо-восточной части акватории Черного моря по данным экспедиционных наблюдений, как и по данным береговых МГМС, отмечалась тенденция роста температур. Максимальные показатели тренда весеннего периода ($+0.76^{\circ}\text{C}$ в год) отмечались на поверхностном горизонте. На глубине 10 м значение тренда снижалось до $+0.43$, на горизонте 20 м – до $+0.14^{\circ}\text{C}$ в год. В более глубоких слоях водной толщи (30- 50 м) темпы роста температур возрастали на $0.01 - 0.10^{\circ}\text{C}$ в год. Подобная тенденция отмечена и при анализе данных экспедиционных исследований летне-осеннего периода. Тенденция к повышению температуры, обусловленная современными климатическими процессами, прослеживается, в первую очередь, в поверхностных слоях. Подобные закономерности отмечаются и на акватории Азовского моря (Куропаткин и др., 2009).

В среднем за весенний сезон 2001-2010 гг. температура поверхности воды (ТПВ) изменялась от 14 до 19°C , возрастая, как правило, в мелководных районах (район Керченского предпроливья, устьевые области рек), а также в направлении от мористых районов к береговой черте. В летне-осенний период наибольшим прогревом отличались водные массы юго-восточного района, расположенного в зоне субтропического климата (рисунок 2). Диапазон колебания ТПВ составлял, в среднем 4.1°C . На глубине «20» и «30» м размах амплитуды колебания температуры возрастал, составляя соответственно 6 и 10°C .

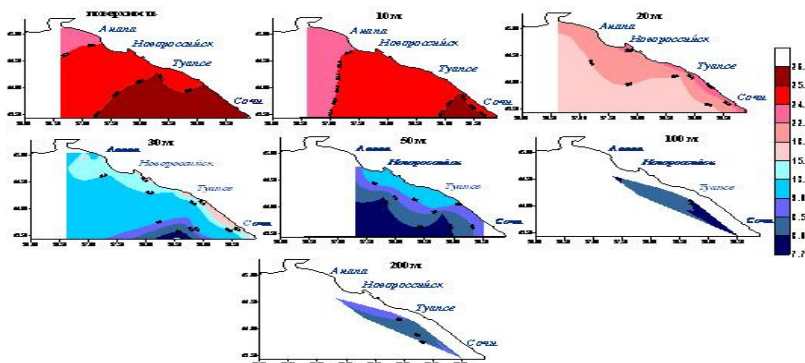


Рис. 2. Пространственное распределение температуры воды северо-восточной части Черного моря (по средним значениям летне-осеннего периода 2001-2010 гг.)

Сезонные изменения температуры захватывали лишь верхний слой водной толщи. На глубинах 50-80 м вода в течение всего года характеризуется температурой 6-8⁰С. Начиная с глубины 90-100 м, температура воды медленно повышается, достигая +9⁰С на глубине 200 м. Указанные закономерности отражены вертикальным распределением температуры воды по горизонтам (рисунок 3а). Судя по данным вдольберегового разреза, температура воды деятельного слоя в весенний период не превышала 11.6⁰С, в то время как осенью в поверхностном слое отмеченные максимальные значения были выше 26⁰С. В глубинной части разреза (20-100 м), судя по распределению изотерм, амплитуда колебания температуры воды в весенний период составляла 2⁰С, в летне-осенний – около 5⁰С.

Анализ структуры температурных полей, осредненных за период 2001-2010 гг., по значениям градиентов в весенний и летне-осенний периоды выявил, что наиболее стратифицированными оказались водные массы в весенний период на глубине 10 м, где градиент температуры составлял 0.42⁰С/м (рисунок 3б). В летне-осенний период слой температурного скачка располагался на глубине 30м.

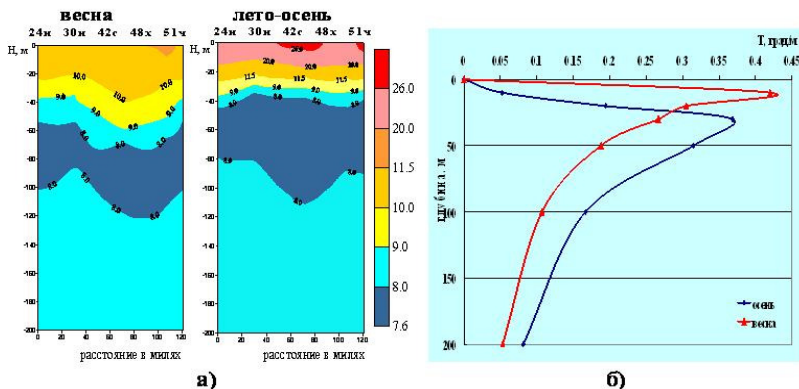


Рис. 3. (а) – Вертикальное распределение температуры воды на вдольбереговом разрезе северо-восточной части Черного моря: апрель 2001 г., август 2004 г., б) - вертикальное распределение градиентов температуры воды, осредненной за период 2001-2010 гг.

Проведенные исследования позволяют заключить, что при формировании термической структуры северо-восточной части Черного моря за период 2001-2010 гг. преобладали процессы прямой стратификации водной толщи. В многолетней динамике термического режима отслежены процессы потепления воздушной и водной среды, проявившиеся более высокими темпами роста теплонакопления в весенний период и замедленными (по сравнению с нормой) - выхолаживания в осенний период. Обнаруженные тенденции, как по экспедиционным, так и по данным МГМС, в большей степени относятся к деятельному слою Черного моря.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОЛЕНОСТИ И ПРОЗРАЧНОСТИ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД

**Жукова С.В., Шишкин В.М., Куропаткин А.П., Лутынская Л.А.,
Фоменко И.Ф., Подмарева Т.И., Бурлачко Д.С.**

ФГУП «АзНИИРХ»

*344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21;
Телефон / Телефакс: (863) 2624850/ (863) 2620505
E-mail: riasfp@aanet.ru*

In this article regularities the spatio-temporal variability of the salinity and water transparency according to the data of work were revealed for the period 2001-2010 .

Гидрологический мониторинг северо-восточной части Черного моря, осуществляемый ФГУП «АзНИИРХ» ежегодно (с 1994 г.) в двух комплексных экспедициях: весной (май) и в переходный период от лета к осени (август-сентябрь), включает изучение таких параметров водной среды как температура воды, соленость, прозрачность, цвет, состояние поверхности моря (волнение), направление и скорость течения на 25-ти стандартных станциях (рис 1: см. илл. 17-1 цв. вкладки).

Для производства исследований с целью изучения гидрологических основ формирования биопродуктивности Черного моря в 2001-2010 гг. использовались следующие приборы и оборудование: СТД-зонд «Falmouth Scientific Inc», зондирующий комплекс «Вектор-2 (измеритель направления, скорости течения, давления и температуры воды)», батометры ГР-18 и Нискина, белый диск ДБ (для определения прозрачности воды); шкала цветности (для определения цвета воды); эхолоты (в том числе судовые GPS). Состояние поверхности моря (волнение) оценивалось визуально. Определение температуры воды по вертикали и отборы проб воды (в том числе для определения солености) производились, как правило, на семи горизонтах (поверхность, 10 м, 20 м, 30 м, 50 м, 100 м и 200 м).

Соленость воды определялась по СТД-зонду, в лабораторных условиях аргентометрическим методом или по электропроводности (солемером MODEL 601-M III “Автолаб”). Постановка судна в заданные координаты реперных станций производилась по судовым навигационным приборам спутниковой ориентации.

Анализируя данные по осредненным значениям солёности в весенний и летне-осенний периоды 2001-2010 гг., следует отметить, что в вертикальном распределении солёности преобладает тенденция роста солёности с глубиной (прямая стратификация). В весенний период последнего десятилетия осредненные значения солёности воды в 200-метровом слое водной толщи (от поверхности до глубины 200м) изменялась в диапазоне от 15.40 до 19.69 ‰. Меньшей вариабельностью по амплитуде, но более высокими значениями солёности, за исключением горизонта «100 м», характеризовались воды в летне-осенний период. Особенно отчетливо это проявилось на горизонтах «поверхность» и «200 м», где превышение солёности относительно весеннего сезона составляло 0.60 и 0.83 ‰ соответственно.

Оценка степени изменчивости солёности производилась как в горизонтальном (рис. 2), так и вертикальном масштабе распределения на вдольбереговом разрезе (рис. 3). В структуре пространственного распределения легко отслеживалась зональность, а визуализация данных по разрезу позволяла оценить степень стратификации водных масс. Общей закономерностью в пространственном распределении солёности является ее повышение с северо-запада на юго-восток, а также понижение на устьевых взморьях черноморских рек, особенно в периоды прохождения паводков (рис. 2). В распределении солёности по вертикали в весенний период обнаруживалась значительная стратифицированность водной толщи с выходом на поверхность вод, имеющих солёность выше 18 ‰ (рис. 3). Характерной особенностью распределения солёности по вертикали являлось наличие, начиная с глубин 35–40 м, относительно равномерного расслоения до глубин 65 – 75 м. На более заглубленных пространствах разреза отмечалась область с более резкими колебаниями солёности. Изучение изменчивости градиентов солёности позволило заключить, что в весенний период наблюдалось заметное превышение их значений, по сравнению с показателями летне-осеннего периода. Особенно отчетливо это проявлялось на горизонте «10 м», где превышение градиента составило 0.029 ‰ / м.

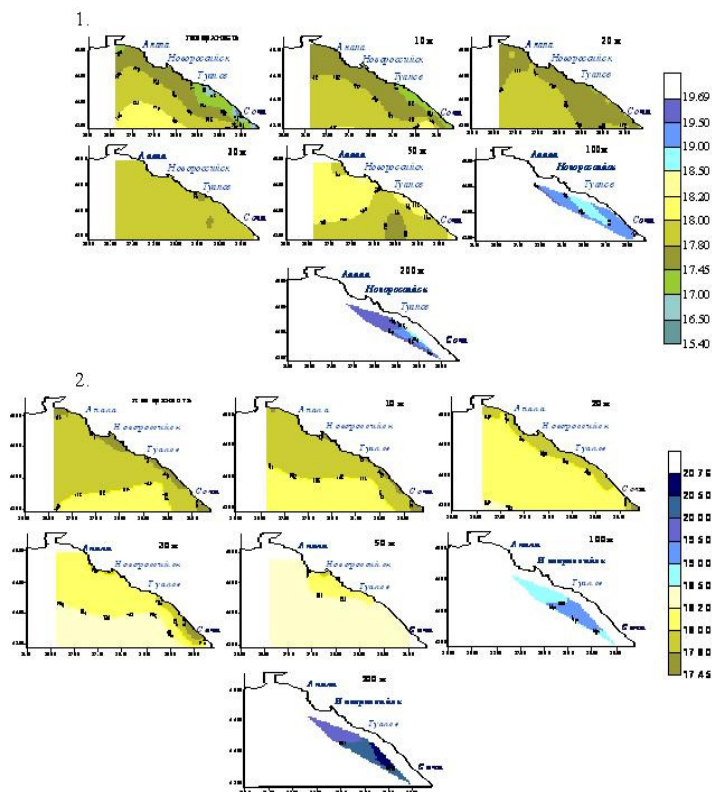


Рис. 2. Пространственное распределение солёности воды северо-восточной части Чёрного моря: 1- по средним значениям весеннего периода 2001-2010 гг.; 2 - по средним значениям летне-осеннего периода 2001-2010 гг.

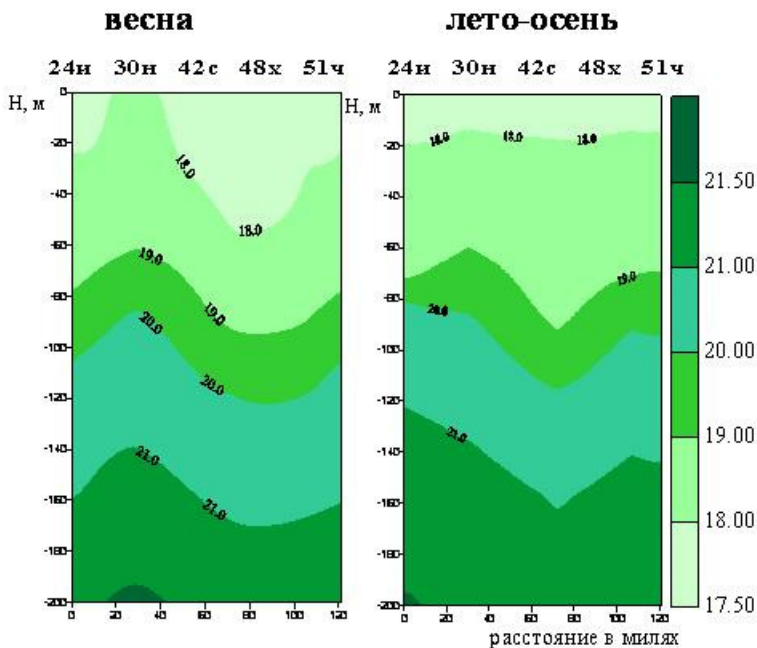


Рис. 3. Соленость воды на вдольбереговом разрезе северо-восточной части Черного моря в апреле 2001 г. и в августе 2004 г.

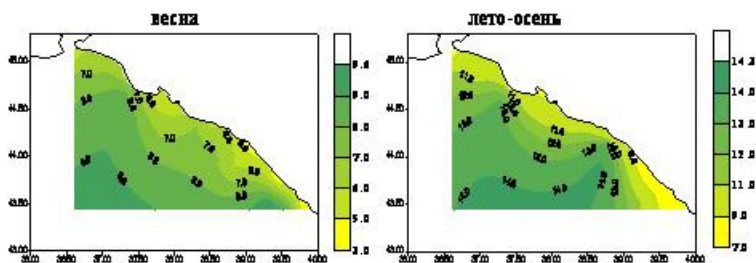


Рис. 4. Пространственное распределение прозрачности воды северо-восточной части Черного моря, по средненным значениям за период 2001-2010 гг.

Изменение средней прозрачности воды в весенний период 2001-2010 гг. происходило в диапазоне от 5 до 9 м, в осенний – от 7.6 м (2007 г.) до 12.1 м (2010 г.). Минимальные значения прозрачности

отмечались в сугубо прибрежной полосе исследуемого района, а максимальные – в мористых его районах (рис. 4).

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ПРИБРЕЖНОЙ И МОРИСТОЙ ЧАСТЯХ ЧЁРНОГО МОРЯ (РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕДИЦИЙ 2007-2008 ГГ.)

Филатова Т.Б.

*Институт аридных зон ЮНЦ РАН,
344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41,
(863)250-98-30. E-mail: filatova@ssc-ras.ru*

In the work the changes of biogenic elements concentration in the coastal and seaward water areas in the Russian part of the Black Sea through different seasons are analyzed. The results are obtained in the complex marine cruises of the Southern Scientific Centre RAS in 2007 – 2008.

Оценка содержания в воде биогенных элементов и растворённого кислорода даёт представление о внутренней биотрансформации органических веществ в морских экосистемах, что необходимо для контроля качества вод, восстановления и поддержания продуктивности морей, осуществления управления их экосистемами.

Во время комплексных экспедиций Южного научного центра РАН в прибрежную часть (от Керченского пролива до Адлера) и мористую часть Чёрного моря на НИС «Денеб» в 2007 – 2008 гг. были отобраны и непосредственно на судне проанализированы пробы воды, в которых определяли температуру воды, активную реакцию (рН), концентрацию растворённого кислорода, содержание нитритов, нитратов, фосфатов.

Пробы воды отбирали батометрами Молчанова и Нискина. Температуру воды и концентрацию растворённого кислорода определяли с помощью портативного анализатора растворённого кислорода МАРК – 302Э, водородный показатель – с помощью портативного рН-метра HANNA. Концентрации растворённых биогенных веществ определяли после измерения температуры, рН, концентрации растворённого кислорода, после фильтрования проб: фосфаты – по методу Морфи и Райли [2]; нитриты – по методу

Бендшнайдера и Робинсона [1]; нитраты – по методу Морриса и Райли (в модификации Грассхоффа; Стрикленда и Парсона; Сапожникова, Гусаровой, Лукашёва) [1].

В водах обследованного участка Чёрного моря в апреле 2007 года содержание растворённого кислорода находилось в пределах от 64 до 118 % в поверхностном слое. В придонном слое на некоторых станциях (напротив Туапсе, напротив Адлера, в районе Архипо-Осиповки) при отборе проб воды ощущался запах сероводорода, наблюдались признаки заморных явлений в пробах бентоса.

Летом 2007 года в пробах воды, отобранных на прибрежных станциях в Чёрном море, величина pH в поверхностном горизонте изменялась в интервале 8,1 – 8,6, содержание растворённого кислорода определялось в пределах от 42 до 106 %.

Весной 2008 года содержание фосфатов в пробах воды, отобранных около пос. Лазаревское, в поверхностном горизонте было выше в 5 раз по сравнению с соответствующим мористым участком. В прибрежной области в районе Адлера концентрация фосфатов в поверхностном горизонте была в 24 раза выше и в придонном горизонте в 38 раз выше, чем на соответствующей мористой станции.

Летом 2008 года в водах исследуемой акватории напротив города Новороссийск наблюдалось увеличение содержания фосфатов (в 2 раза) и нитратов (в 5 раз) в поверхностном горизонте в прибрежной зоне по сравнению с мористой.

Осенью 2008 года на мористых станциях по сравнению с прибрежными наблюдалось как уменьшение концентраций биогенных веществ, так и их увеличение, что связано главным образом с гидрометеорологическими факторами (в первую очередь, с направлением ветра).

Напротив города Туапсе наблюдалось увеличение содержания фосфатов (в 2,5 раза), нитритов (в 20 раз) и нитратов (в 1,5 раза) в поверхностном горизонте в прибрежной зоне по сравнению с мористой (рис. 1). В то же время содержание нитратов и фосфатов на мористой станции напротив Адлера было в 2 раза выше, чем у берега (из-за северо-восточного ветра).

С целью изучения влияния речного стока на режим биогенных веществ в прибрежных морских зонах были отобраны и проанализированы пробы воды из поверхностного горизонта в зоне смешения речных и морских вод, на траверзе устья реки Мзымта. В воде реки Мзымта, впадающей в Чёрное море около Адлера, в июне содержание фосфатов было в 3 раза выше, нитритов также в 3 раза выше, нитратов в 20 раз выше, чем в окружающей морской воде.

Как и в июне, в октябре 2008 года были проанализированы пробы воды, которую река Мзымта выносит в Чёрное море, содержание фосфатов и нитритов было выше, чем в окружающей морской воде, но незначительно по сравнению с июнем 2008 года.

Анализ результатов, полученных во время экспедиционных исследований вдоль российского побережья Чёрного моря, позволяет сделать следующие выводы.

Значительное увеличение содержания биогенных веществ в прибрежной зоне по сравнению с мористой наблюдается обычно в местах впадения рек, у городов и в районах портов. Основные критические зоны экологического риска в Чёрном море образуются в местах влияния речного стока.

С возрастанием рекреационной нагрузки на пляжи и побережье происходит увеличение содержания биогенных веществ в водах морских прибрежных зон.

Сравнение полученных данных с предыдущими даёт основание считать, что сохраняется тенденция стабилизации уровня загрязнённости моря, при этом следует иметь в виду не водоём в целом, а его прибрежные воды.

Экологический статус собственно побережья Кавказа на данный момент можно оценить в общем как вполне удовлетворительный, что существенно для дальнейшего развития у этих берегов курортного дела, обоснованного экологически и экономически.

Автор благодарит команду НИС “Денеб” и участников морских экспедиций.

Литература

1. Методы гидрохимических исследований основных биогенных элементов.- М.: ВНИРО, 1988. – 119 с.
2. РД 52.24.382-2006. Массовая концентрация фосфатов и полифосфатов в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом.

СТРУКТУРА ФРОНТОВ В РАЙОНЕ К ЮГУ ОТ АФРИКИ ПО ДАННЫМ ГИДРОФИЗИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА В ДЕКАБРЕ 2009 Г. И СПУТНИКОВОЙ АЛЬТИМЕТРИИ

Тараканов Р.Ю., Гриценко А.М.

*Учреждение Российской академии наук
Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,
117997, Москва, Нахимовский просп., 36,
тел.: +7(499)1245996, факс: +7(499)1245983,*

The structure of fronts and jets in the sector of the Southern Ocean south of Africa is investigated based on the data of hydrophysical section SR02 occupied from R/V “Akademik Ioffe” in December 1–22, 2009, and the data of 18-year series of weekly maps of satellite altimetry AVISO (DT-Global-MADT-Ref product, <http://aviso.oceanobs.com>).

На основе данных гидрофизического разреза SR02, выполненного на НИС «Академик Иоффе» 1 – 22 декабря 2009 г. от южной оконечности Африки до нулевого меридиана в круговороте Уэдделла, и данных 18-летней серии еженедельных карт спутниковой альтиметрии AVISO (DT-Global-MADT-Ref product, <http://aviso.oceanobs.com>) исследуется структура струй и фронтов в секторе Южного океана к югу от Африки. Схема расположения станций разреза и карта Абсолютной динамической топографии (АДТ) за 09.12.2009 показаны на рис. Подтверждена многоструйность Антарктического циркумполярного течения (АЦТ), состоящего из трех струй Субантарктического, трех – Южного полярного и двух – Южного антарктического течений. Анализ данных спутниковой альтиметрии показал, что ядра струй АЦТ, выделяемые на картах АДТ по сгущению изогипс (локальным максимумам градиента АДТ), по крайней мере, на временных интервалах порядка года, привязываются к одним и тем же диапазонам величин АДТ. На линии разреза обнаружено хорошее соответствие между положением струй на самом разрезе и изогипсами, ассоциирующими ядра струй на карте АДТ (рис.). Вместе с тем, на больших временных интервалах наблюдается весьма существенное варьирование положения локальных максимумов АДТ вдоль оси АДТ, которое ставит под сомнение возможность долговременной (порядка всего периода спутниковых

альтиметрических наблюдений) привязки ядер струй к определенным изогипсам.

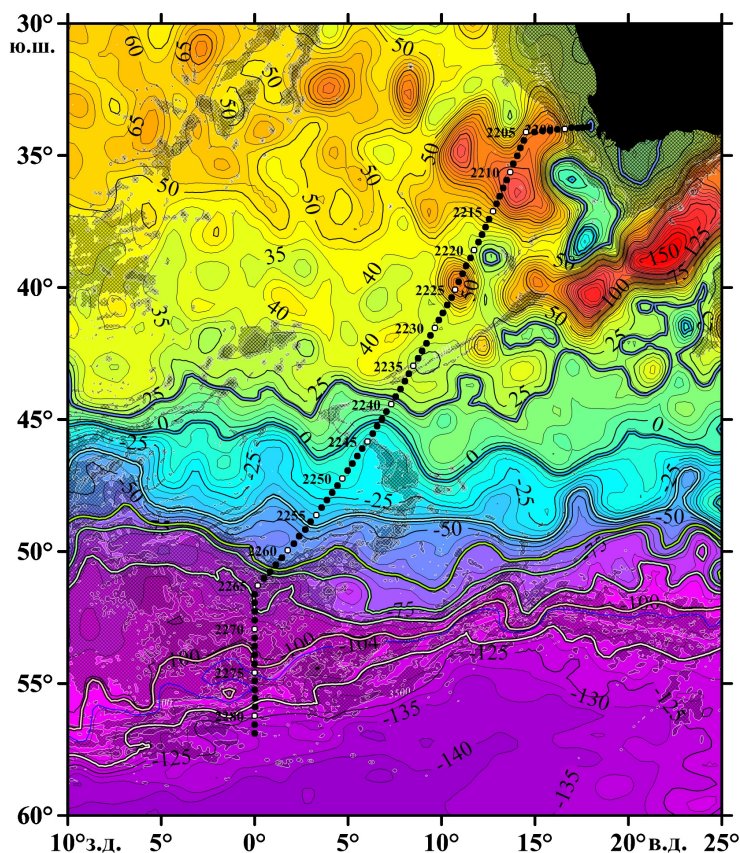


Рис. Карта АДТ (см) за 09.12.2009 (DT-Global-MADT-Ref product, <http://aviso.oceanobs.com>). Показано также положение станций разреза SR02 1–22.12.2009. Жирными двойными цветными линиями показаны положений осей струй АЦТ с севера на юг: северная, Средняя и южная струи Субантарктического течения, северная, средняя и южная струи Южного полярного течения, северная и южная струи Южного антарктического течения. Затенены, от светло- до темно-серого тона, области океана с глубинами менее 3500, 2500 и 1500 м соответственно.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КОМПЕНСАЦИИ ВИБРАЦИОННЫХ ПОМЕХ КОМБИНАЦИОННЫМ МЕТОДОМ ПРИ НЕИДЕНТИЧНОСТИ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПОЛЯ СКОРОСТИ

Федотов Г.А.

ЗАО “Гранит-7”

*Россия, 191014, Санкт-Петербург, ул. Госпитальная, д. 3,
тел. +7(812)5789819, факс +7(812)2740126,
e-mail g.a.fedotov@gmail.com*

Analytical expressions are obtained that allow to compute the influence of the conformal sensor unidentity on the quality of the vibrational noise disturbance compensation in the output signal of the vibration-proof system of hydrophysical velocity field sensors for the marine turbulence study.

Работа посвящена проблеме компенсации вибрационных помех, искажающих сигналы гидрофизических преобразователей поля скорости при исследовании морской турбулентности с подвижных носителей аппаратуры: научно-исследовательских судов, буксируемых линий, самоходных аппаратов и т.д.

Существование указанной проблемы обусловлено тем, что датчик поля скорости, установленный на движущемся аппарате, воспринимает собственную колебательную скорость как полезный сигнал. Возникающая аддитивная помеха искажает сигнал пульсационной скорости, что приводит к снижению эффективности индикации турбулентных пятен в морской среде и к дополнительной погрешности определения турбулентной энергии в них.

Известные комбинационные методы компенсации аддитивных вибрационных помех предполагают идентичность преобразователей, образующих виброзащищенную систему. В данной работе сделан очередной шаг в направлении совершенствования физико-математической модели, позволяющей понять и проанализировать механизмы влияния неизбежной неидентичности конформных преобразователей поля скорости на качество компенсации вибрационных помех комбинационным методом. Наличие указанной модели является необходимым условием успешной разработки способов повышения эффективности компенсации помех с помощью

виброзащищенных систем при неидентичности преобразователей, образующих систему.

В качестве примера рассмотрена система, образованная четырьмя преобразователями, расположенными симметрично в головной части тела вращения на одинаковом расстоянии от его вершины в случае, когда оси чувствительности преобразователей лежат в меридианных плоскостях и направлены по касательным к поверхности тела.

В докладе представлены следующие новые теоретические результаты.

- Получено общее (в рамках принятой модели) соотношение, с помощью которого можно оценить дисперсию выходного сигнала рассматриваемой виброзащищенной системы при неидентичности преобразователей и произвольном характере поступательных колебаний носителя аппаратуры.
- Выведены рабочие формулы, позволяющие оценить влияние неидентичности преобразователей на качество компенсации в случае линейно поляризованных колебаний осесимметричного тела; с использованием выведенных формул выполнены количественные оценки для случаев неидентичности одного (произвольного) из четырех преобразователей в режиме монохроматических колебаний.
- Получены простые, имеющие ясный физический смысл выражения, с помощью которых выполнены количественные оценки влияния неидентичности единичных преобразователей на качество компенсации для частного случая виброзащищенной системы, а именно для системы, расположенной на поверхности тела канонической формы - шара, совершающего линейно поляризованные монохроматические колебания.
- Отмечено, что степень влияния неидентичности преобразователей на качество подавления вибрационных помех комбинационным методом сильно зависит от режима колебаний осесимметричного тела, причем зависимость указанной степени влияния от параметров, характеризующих режим колебаний, в общем случае нелинейна и немонотонна.
- Доказано существование колебательных режимов, для которых неидентичность конформных преобразователей поля скорости, образующих виброзащищенную систему, не снижает качества подавления вибрационных помех комбинационным методом, и дано объяснение обнаруженному явлению.

Полученные в данной работе теоретические результаты приводят также к следующим важным практическим выводам.

- При неидентичности одного преобразователя из четырех, образующих виброзащищенную систему, в режиме монохроматических линейно поляризованных колебаний относительный (нормированный) уровень шумовой дорожки на выходе системы равен по порядку величины безразмерному параметру неидентичности $|\Delta K|/K$, где ΔK – отклонение коэффициента преобразования одного из преобразователей от значения коэффициента преобразования K остальных преобразователей, образующих виброзащищенную систему.
- Для более точных количественных оценок влияния неидентичности, в том числе при неидентичности нескольких преобразователей, образующих виброзащищенную систему, и в других колебательных режимах, необходимо учитывать характер неидентичности преобразователей, характер размещения преобразователей на носителе гидрофизической аппаратуры, характер колебаний носителя в исследуемом потоке.
- Даже в относительно простых физических ситуациях (например, когда носитель аппаратуры представляет собой тело вращения, преобразователи размещены на носителе по классической симметричной схеме, неидентичен всего один преобразователь, тело совершает линейно поляризованные монохроматические колебания) наблюдается сложная картина влияния неидентичности преобразователей на эффективность компенсации вибрационных помех комбинационным методом.

О ПРОФИЛИРОВАНИИ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ВОДНОЙ СРЕДЫ ГИДРОЛОКАТОРОМ БОКОВОГО ОБЗОРА.

Каевицер В.И., Кривцов А.П., Разманов В.М., Смольянинов И.В.,
Элбакидзе А.В.

*ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН,
141190 Московская область, г. Фрязино,
пл. Введенского 1,
тел. 8(456) 56-5-24-51, e-mail razvlmi@ire.rssi.ru*

Some results of nonconventional application of Side Scan Sonar - for research of the water environment are presented.

Традиционно сферой применения гидролокаторов бокового обзора (ГБО) является исследование поверхности морского дна. Во многих случаях они используются одновременно с системами измерений рельефа (интерферометрические системы, одно и многолучевые эхолоты) и определения подповерхностной структуры (профилографы) [1].

При изучении рельефа и структуры морского дна нередко вне поля зрения остается общая для всех систем среда распространения – водная среда между излучателем и морским дном. Для случая ГБО это следует понимать буквально. На рис. 1 приведен фрагмент исходного изображения ГБО из программы обработки.

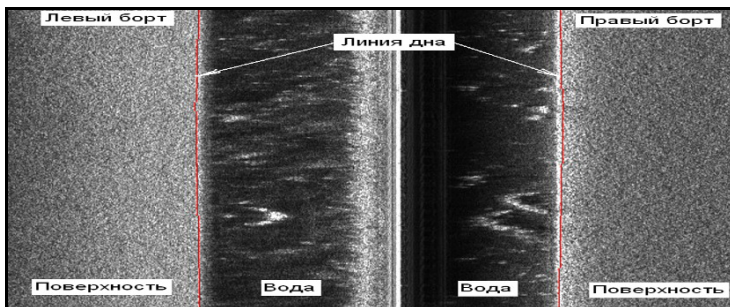


Рис. 1. Структура изображения двухканального ГБО. Фрагмент данных измерений в районе Тамани, август 2011 г.

Горизонтальная ось соответствует наклонной дальности до элемента отражения.

Полное изображение можно разделить на две части: относящуюся к водной среде и к поверхности дна. Линия раздела (линия дна) в данной программе и является предметом определения. На рисунке отчетливо видны следы распределенных неоднородностей различного типа в воде. Однако существенным моментом является то, что эта часть изображения (относящаяся к водной среде) не используется при формировании акустического изображения, в процессе обработки она просто обрезается. При этом теряется и информация о неоднородностях в водной среде.

С точки зрения исследования водной среды ГБО, подобно классическому профилографу, можно рассматривать как систему профилирования, но с несколько различными техническими характеристиками. Для профилографа характерна низкая несущая частота (герц или единицы кГц), тогда как несущие частоты ГБО порядка сотен кГц. Отличие несущих частот сказывается на условиях рассеяния на неоднородностях в водной среде. Существенным является и отличие диаграмм направленности. Для ГБО характерна узкая диаграмма направленности (порядка градуса) вдоль движения судна и широкая (порядка 60 градусов) в плоскости перпендикулярной движению. Именно такая диаграмма формирует боковой обзор. Профилограф имеет примерно одинаковую широкую диаграмму относительно вертикали.

Важность анализа водной среды, с практической точки зрения, заключается в том, что при определенных условиях неоднородности в водной среде могут проектироваться на акустическое изображение поверхности ГБО, приводя к появлению несуществующих деталей. Именно появление на изображениях ГБО однотипных деталей, плохо увязывающихся с общим рельефом, при проведении работ на Балтике подвело к проведению анализа данных о водной среде. Приведенные ниже примеры относятся к двум циклам работ в Балтийском море, в 2008 и 2009 годах, при этом в 2008 году использовался ГБО с несущей частотой 250 кГц, а в 2009 году – с частотой 85 кГц. Одновременно с ГБО в этих работах использовался и профилограф (5 кГц.). Регистрация данных осуществляется хотя и разными системами независимо, но с привязкой по единой системе GPS.

На рис. 2 показан фрагмент профилирования водной среды ГБО (85 кГц.) и профилографом. По данным профилографа водная среда практически однородна, с вкраплением небольших неоднородностей. Высокочастотное профилирование с помощью ГБО выявляет более тонкую и сложную структуру. В некоторых (достаточно редких) случаях наблюдается обратная ситуация, когда неоднородности в воде

фиксируются на данных профилографа и не проявляются на данных ГБО, а иногда, при наличии почти однородного звукорассеивающего слоя, характер изображений ГБО и профилографа практически одинаков.

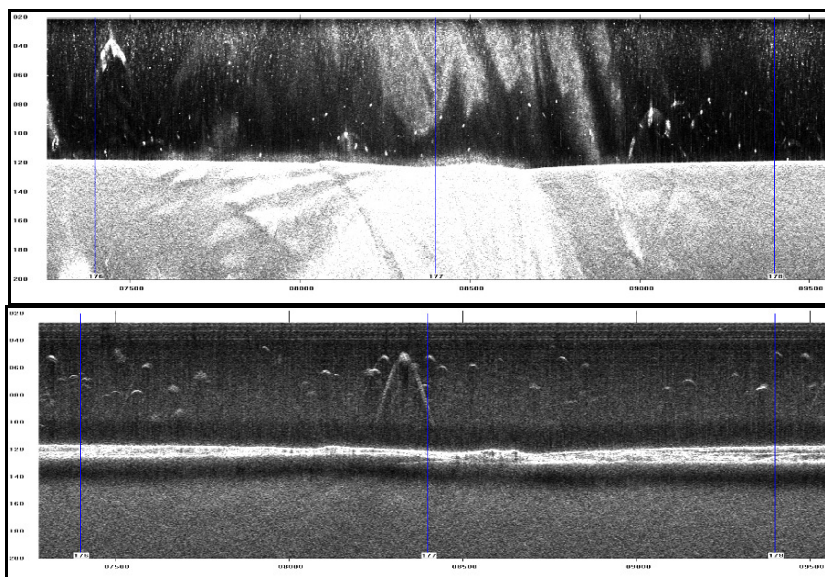


Рис. 2. Результаты профилирования ГБО (85 кГц, сверху) и профилографом. Балтика 2009.

Особый интерес вызывает наличие неоднородностей, по форме напоминающих газовые пузыри. В большей степени такие образования наблюдались в цикле работ 2008 года (ГБО 250 кГц.) в северной части Финского залива по трассе измерений. На рис. 3 приведены два фрагмента результатов профилирования ГБО с несколькими типами “газообразных” неоднородностей в водной среде. На верхнем фрагменте относительно мелкомасштабные неоднородности распределены в основном в середине между поверхностью воды и дном. На нижнем фрагменте выделяется протяженная область непосредственно в придонном слое.

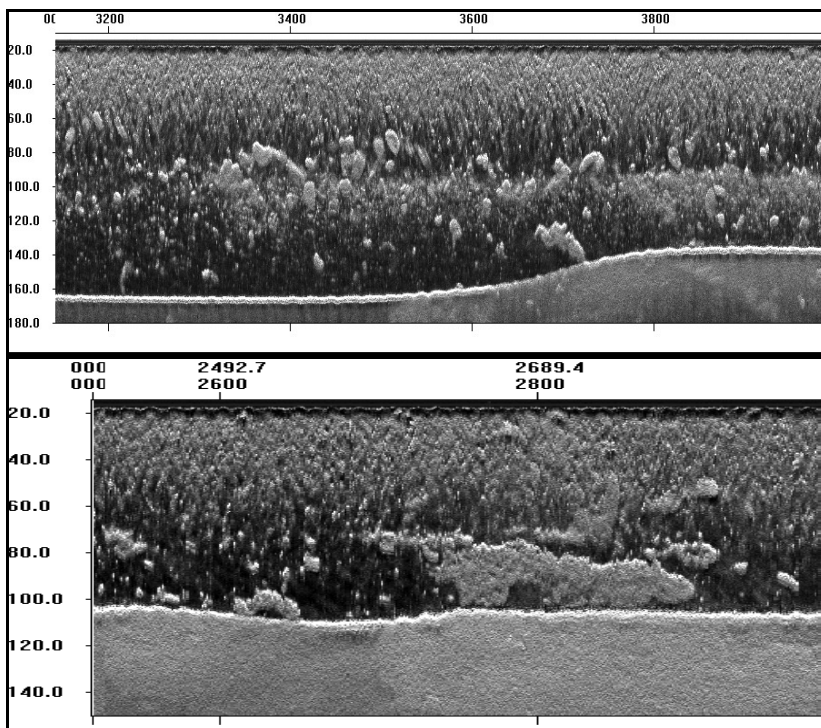


Рис. 3. Фрагменты результатов профилирования ГБО. Балтика 2008.

Следует отметить, что приведенные данные по профилированию водной среды не являются результатом специальных измерений, а скорее сопутствующей информацией, которая при обработке (например, в ГБО) просто теряется. Однако такие данные могут, вероятно, иметь и практическое значение [2].

Литература

1. Каевицер В.И., Разманов В.М., Дистанционное зондирование морского дна гидролокационными системами со сложными сигналами, УФН, т. 179, № 2, 2009, стр.218-224.
2. Римский-Корсаков Н.А., Сычев В.А. Никитин Г.А., Использование метода гидролокации бокового обзора для визуализации гидродинамических возмущений, 10 Научно-техническая конференция МСОИ, 2007, ч.2 стр.8.

ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МОРСКИХ ТЕЧЕНИЙ ДОПЛЕРОВСКИМ РАДИОЛОКАТОРОМ

Горбацкий В.В.

*ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова»,
196158, Санкт-Петербург, Московское шоссе, 44
Тел. (812) 723 6614, E-mail: krylov@krylov.spb.ru*

The measurements of the currents velocities at the Sea surface by Doppler radar Sea Sonde are presented. The data were obtained in aquatic areas of the Baltic Sea, the Kara Sea and the Black Sea. The measurements methods are described and the samples of the currents vector plots are presented.

В настоящее время в зарубежной практике морских измерений широкое распространение получили доплеровские радиолокационные системы коротковолнового диапазона для дистанционного определения параметров поля течений на морской поверхности.

Такие измерители позволяют получать пространственную картину течений в обширной прибрежной области. В зависимости от рабочей частоты измерительной системы, которая обычно находится в диапазоне 10-50 MHz, дальность зондирования течений составляет от 10 км до 100 км. Это позволяет получать оперативные данные о пространственной структуре течений на морской поверхности площадью до сотен км².

ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова имеет доплеровскую радиолокационную систему Sea Sonde производства американской компании CODAR с рабочей частотой 25 MHz. С помощью этого радиолокатора в последние годы выполнены измерения параметров течений в Балтийском, Карском и Чёрном морях. Измерения проводились одноточечной радиолокационной системой. Для получения пространственной картины течений в этом случае потребовалось разработать специальную методику мобильных измерений и методику обработки данных.

В Балтийском море проводились многолетние измерения в прибрежной зоне Куршской косы, где преобладают ветровые течения, и возникают интенсивные инерционные колебания течений в период летней температурной стратификации воды. Установлены особенности

формирования поля ветровых течений на морской поверхности при определённых направлениях ветра относительно неровностей береговой линии. На рисунке 1 показано развитие поля течений в области мыса при усилении западного ветра.

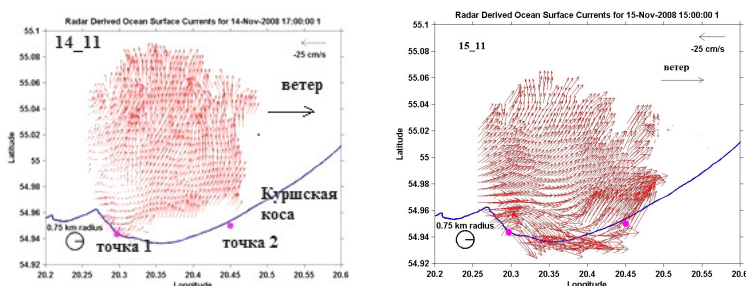


Рис. 1. Изменение поля течений на морской поверхности за сутки при сильном западном ветре

В Карском море выполнены измерения с борта заякоренного судна в условиях сильной приливной изменчивости течений и значительной неоднородности солёности воды на морской поверхности, вызванной речным стоком.

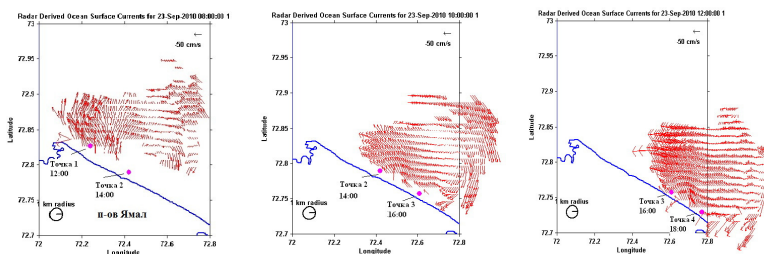


Рис. 2. Распределение векторов течений вдоль побережья п-ова Ямал, полученное по 3 парам точек

На рисунке 2 показаны картины течений вдоль побережья п-ова Ямал, полученные доплеровской радиолокационной системой Sea Sonde с борта судна, стабилизированного относительно береговой линии.

Полученные данные показывают возникновение сильных вдоль береговых течений, формирующихся под действием приливов и речного стока. В измерениях также получена зависимость дальности

радиолокационного зондирования от распределения солёности воды на морской поверхности.

Измерения в Чёрном море выполнены в акватории в окрестности г. Геленджик, где формируются интенсивные вихревые структуры. На рисунке 3 показан пример картины радиальных векторов поля течений на морской поверхности и его пространственной структуры, полученной радиолокатором Sea Sonde по двум береговым точкам измерений.

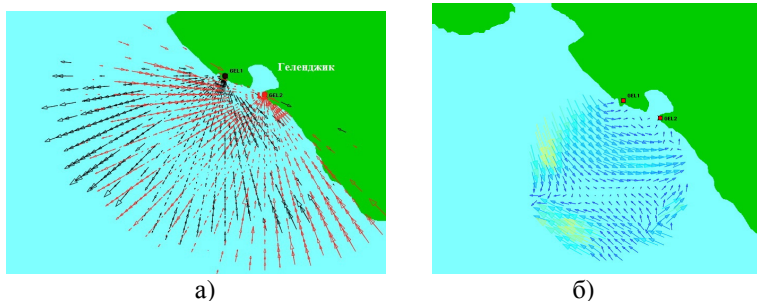


Рис. 3. Поле радиальных компонент векторов скоростей течений (а) и поле векторов скоростей (б)

Наблюдается характерная структура течений в виде пары взаимодействующих вихрей.

Представленные в докладе результаты исследований показывают эффективность применения доплеровского радиолокатора для исследования морских течений, дополняющего широко распространённые в настоящее время измерения течений акустическими доплеровскими профилографами.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АКСЕССУАРОВ НА МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ СКОРОСТИ ПОТОКА

Казанцев С.В., Казанцева Т.В.

*Морской гидрофизический институт НАН Украины,
д. 2, кл. Капитанская, 99011, г. Севастополь, Украина,
тел. (0692) 540380, e-mail: oaoimhi@inbox.ru*

This paper is about the method of research and an estimation of influence of accessories for speed of a stream in device IST-1 based on the influence of a hydrometric bar by means of SolidWorks. Comparison of results of calculation of the program and natural tests of device IST-1 in a tray is besides.

Для расширения области использования приборов, в т.ч. и переносных измерителей скорости потока, проектируется целый ряд приспособлений, позволяющих использовать прибор в специфических условиях эксплуатации. Аксессуары позволяют производителю увеличить конкурентоспособность своих приборов. Производитель не всегда может позволить себе изготовление и натурные испытания того или иного приспособления, точно не убедившись в его востребованности. Использование сред проектирования позволяет примерно оценить работоспособность прибора с приспособлением.

Прибор ИСТ-1 [1], как и большинство других приборов, имеет ряд аксессуаров, расширяющих возможности его применения. Во-первых, это аксессуары для использования прибора на штангах различных длин и диаметров (рис. 1). Во-вторых, это приспособления для использования прибора с грузом. Кроме того, есть узлы, позволяющие использовать прибор с кабелями различных длин, приспособления для градуировки, увеличения жесткости, дополнительные крылья для лучшей стабилизации в потоке.

В случае прибора ИСТ-1 значительное влияние на измерение скорости потока оказывают штанги, которые проходят сквозь измерительную полость прибора. Поэтому необходимо выяснить степень их влияния, характер влияния, а также найти соответствующие градуировочные коэффициенты.

Рассмотрим случай использования прибора ИСТ-1 совместно со стандартной гидрометрической штангой морально устаревшей

вертушки, на смену которой был разработан прибор ИСТ-1. Решить задачу совместимости использования прибора с гидрометрической штангой можно двумя способами.

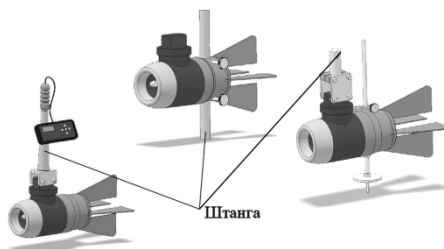


Рис. 1. Исполнения прибора для использования со штангой

Первый способ заключается в изготовлении приспособления, имитирующего вставленную в прибор штангу, и производстве измерений ряда скоростей потока в лотке прибором с приспособлением и без него. На основании полученных данных можно определить характер влияния штанги и вычислить соответствующие коэффициенты для градуировки. Недостатком метода являются издержки при использовании лотка, то есть определенные временные и материальные затраты, а также потраченные средства и время на изготовление имитирующей части. Достоинством является достоверность полученных результатов.

Второй способ заключается в использовании специальных пакетов, позволяющих численно смоделировать поток как снаружи, так и внутри погружаемой части прибора. Примером такого пакета может быть SolidWorks с приложением COSMOS Flowworks, в основе модели которого лежит метод конечных объемов и нестационарные уравнения Навье-Стокса [3, 2]. Для решения задачи требуется проектирование трехмерной модели прибора со штангой и без нее и моделирование потока для этой модели на ряде скоростей. Далее необходимо обработать полученные данные для нахождения соответствующих коэффициентов градуировки. К минусам способа можно отнести стоимость лицензии программ, позволяющих решать подобные задачи. Кроме того, требуется оценка точности для каждого конкретного случая. Достоинствами же являются скорость и простота получения результатов, представленных в крайне удобной для просмотра и последующей обработки форме.

Для того чтобы определить градуировочный коэффициент в первом методе решения задачи совместимости прибора были проведены измерения в лотке прибором с дополнительным приспособлением, заменяющим штангу, и без него. Данные были получены при скоростях до 1,3 м/с, для анализа применялись средние значения по трем промерам на прямом и обратном ходу измерения, то есть с последовательным увеличением скорости потока в лотке и уменьшением соответственно. Результаты представлены в виде таблицы и графиков, изображенных на рис. 2. Далее определяется среднее значение показаний на двух ходах измерения. Следует обратить внимание на то, что скорость, фиксируемая прибором без приспособлений, не будет соответствовать выставленной в лотке скорости. Это связано с тем, что прибор был отградуирован по образцовому лотку шириной 0,5 м, а ширина используемого лотка составляет 0,15 м.

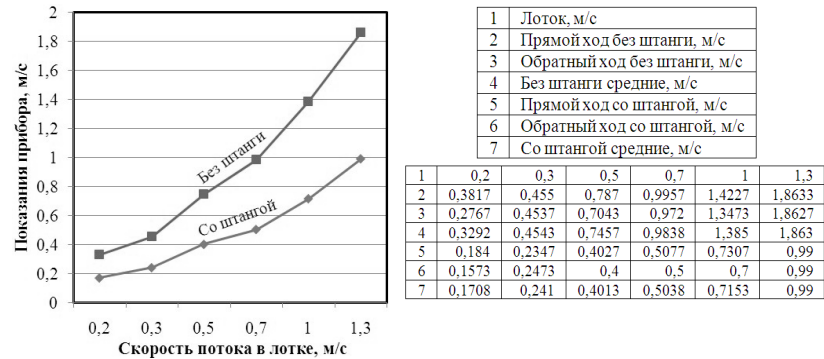


Рис. 2. Показания прибора при проведении измерений в лотке

Численно коэффициент градуировки представляет собой частное от деления значения скорости прибора со штангой на скорость прибора без штанги. Таким образом, средний коэффициент при использовании лотка составляет 1,9078.

Использование программы SolidWorks с приложением COSMOSFloWorks с целью демонстрации её возможностей и преимуществ при нахождении коэффициентов градуировки приводится ниже. Для твердотельных моделей погрузочной части прибора как со штангой, так и без нее, моделируется ламинарный поток на скоростях от 0,5 до 5 м/с с шагом 0,5 м/с. Затем требуется решить задачу в стационарном режиме или остановить расчет на шаге,

когда изменчивость внутри полости прибора будет минимальной. Далее снимаются показания скоростей на прямой линии между пьезоизлучателями (рис. 3) и рассчитываются средние значения скорости на этой линии. Данные распределения скоростей на линии между пьезоизлучателями показаны на рис. 4 в виде графика зависимости скорости потока от расстояния для модели без штанги.



Рис. 3. Изолинии скоростей на миделевом сечении прибора

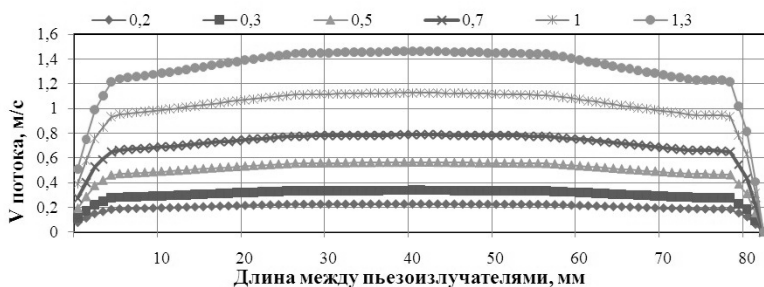
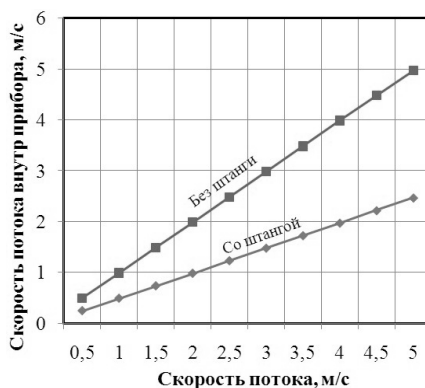


Рис. 4. График зависимости скорости от расстояния

Средние значения скоростей находятся на расстоянии от 3 до 81 мм по линии между излучателями. Результаты представлены на рис. 5 в виде таблиц и графиков. Как и в случае определения коэффициентов градуировки с использованием лотка, в данном случае требуется найти частное от деления значения скорости потока модели без штанги на значение скорости потока для модели со штангой. Таким образом, средний коэффициент градуировки при использовании данного пакета равен 2,0245.



1	Скорость потока, м/с
2	Скорость для модели без штанги, м/с
3	Скорость для модели со штангой, м/с

1	0,5	1	1,5	2	2,5
2	0,493114	0,986471	1,487162	1,98437	2,481516
3	0,242872	0,488701	0,734021	0,981541	1,22936

1	3	3,5	4	4,5	5
2	2,975618	3,477034	3,981987	4,47413	4,964134
3	1,476838	1,723497	1,970311	2,217069	2,467466

Рис. 5. График зависимости средней скорости потока внутри модели от скорости моделируемого потока

Как результат описания двух методов, можно определить отклонение в процентах значения коэффициента, полученного при использовании программных средств, от коэффициента, полученного экспериментально. Отклонение составляет 5,77%.

На основании чего можно заключить, что использование программных средств позволяет решить задачу оценки влияния размеров штанги на скорость потока в приборе ИСТ-1, а также ряд других подобных задач. Однако результаты оценки имеют некоторое расхождение с экспериментальными. Следует отметить, что приведенное в статье расхождение получено при использовании лотка, который не является устройством, воспроизводящим параметры потока с высокой точностью. Кроме того, небольшая ширина лотка может вносить погрешности в измерение скорости потока.

Программные средства позволяют добиться высокого схождения расчетных и экспериментальных данных. Однако полностью заменить проведение эксперимента они не могут. Использование программных средств рационально для оценки влияния того или иного аксессуара на прибор.

МЕТОД И УСТРОЙСТВО ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ПЛОТНОСТИ МОРСКОЙ ВОДЫ

Жемков Е.И.

*Морской гидрофизический институт НАН Украины,
д. 2, кл. Капитанская, 99011, г. Севастополь, Украина,
тел. (0692) 540380, oaoimhi@inbox.ru*

In this work the hydrostatic densitometer construction, working principles and density evaluation method are described..

В связи с введением нового уравнения состояния морской воды (ТУС-10), возникла необходимость измерять плотность морской воды напрямую. В МГИ НАНУ ведется разработка гидростатического измерителя плотности *in situ* на дифференциальных датчиках давления, который сможет измерять плотность воды в зондирующем режиме как с движущегося судна, так и стационарно.

Принцип действия измерителя основан на использовании основного уравнения гидростатики при вычислении плотности (1), т.е. через ее связь с разностью давления по глубине на фиксированном расстоянии.

$$P_2 - P_1 = \bar{\rho} \cdot g \cdot h, \quad (1)$$

В конструкции используются 3 дифференциальных датчика давления, входы которых расположены на 3-х ортогональных осях. Использование трех датчиков связано с необходимостью корректировать изменения показаний давления из-за наклона прибора. Схематично конструкция прибора показана на рисунке 1.

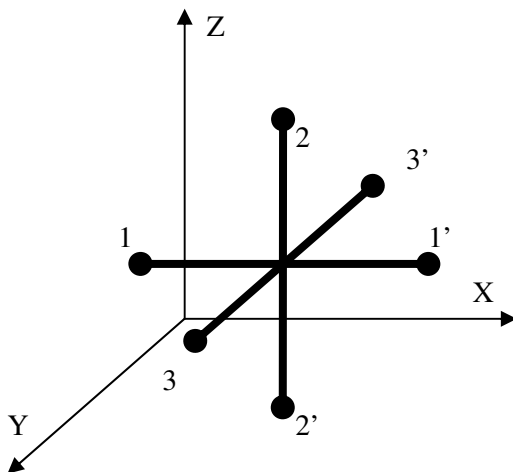


Рис. 1. Конструкция измерителя плотности
1-1', 2-2', 3-3' – входы первого, второго и третьего
соответственно дифференциальных датчиков давления

Корректировка измерения происходит следующим образом: когда прибор не наклонен – разность давлений между дифференциальными входами 1-го и 3-го датчиков равна 0, а между входами датчика 2 она будет максимальной. Если вследствие течения прибор будет наклонен, то на дифференциальных входах 1-го и 3-го датчиков появится разность давлений пропорциональная углу наклона приборов, а на входах датчика 2 разность давлений уменьшится. Таким образом значение разности давлений P по вертикали в данной среде при одинаковой длине измерительных баз датчиков может быть вычислено по формуле (2)

$$P = \sqrt{\Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3}, \quad (2)$$

где ΔP_1 , ΔP_2 , ΔP_3 – разности давлений, измеренные первым, вторым и третьим соответственно датчиками давления.

Это вычисленное давление не будет зависеть от положения измерителя в пространстве.

Данная методика компенсации измерений при наклоне имеет преимущество перед конструкциями на MEMS гироскопах и инклинометрах, т.к. в гироскопах со временем изменяются показания, а показания инклинометров меняются при появлении внешнего ускорения.

Структурная схема измерителя плотности показана на рис. 2.

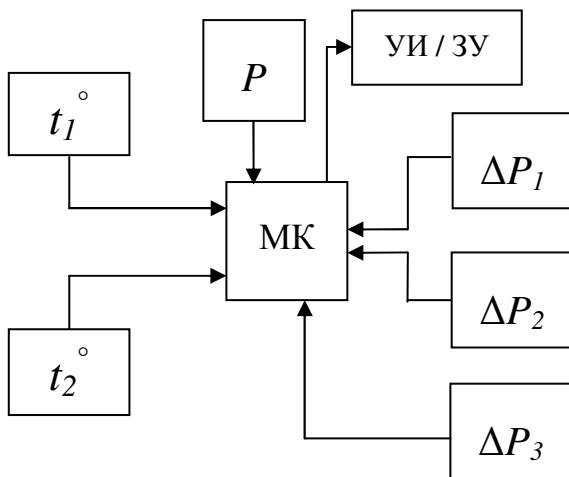


Рис. 2. Структурная схема гидростатического измерителя плотности: t_1 , t_2 – каналы измерения температуры; P – канал измерения абсолютного давления; ΔP_1 , ΔP_2 , ΔP_3 – каналы измерения дифференциального давления, МК – управляющий микроконтроллер, УИ/ЗУ – устройство индикации или запоминающее устройство.

Микроконтроллер последовательно опрашивает все измерительные каналы, формирует кадр с полученными данными и отправляет его в запоминающее устройство. Один канал измерения температуры необходим для измерения температуры среды, а второй для температурной компенсации измерений.

Использование в измерителе плотности 3-х дифференциальных датчиков давления позволит расширить применение гидростатического метода измерения в океанографических исследованиях, а современная элементная база позволит реализовать измерения практически в реальном времени.

МОРСКОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ СКОРОСТИ И НАПРАВЛЕНИЯ ТЕЧЕНИЯ ИСТ-1М

Греков А.Н.

*Морской гидрофизический институт НАН Украины,
Украина, г. Севастополь, ул. Капитанская, 2, 99011,
тел. (0692) 540380, oaoimhi@inbox.ru*

The article is a short description of the device IST-1M, its main modules, the algorithm of the program and its specifications.

В настоящее время существует большое количество приборов для измерения скорости течения в морях, реках и каналах. Из анализа измерителей всех ведущих производителей следует, что все приборы, кроме приборов фирмы Valeport (модели 106, 108 и 308), не могут использоваться взамен гидрометрических вертушек, так как они не охватывают весь диапазон разработанных и применяемых методик для определения скорости течения и расхода из-за своих конструктивных особенностей. Для использования этих приборов необходимы серьезные конструктивные доработки и разработка новых методик проведения измерения. Игнорирование этого факта может привести к некорректным измерениям, и стыковать результаты новых измерений со старыми окажется невозможным из-за разности динамических характеристик, временного и пространственного усреднения.

С учетом этих замечаний в отделе автоматизации был разработан макет прибора ИСТ-1М речного и морского применения взамен гидрометрических вертушек. Являясь векторным прибором, ИСТ-1М кроме измерения скорости и направления течения, температуры и глубины, имеет возможность измерять не только угол наклона прибора, но и, в отличие от перечисленных выше приборов, собственные движения по показаниям установленных в нем акселерометров.

Основной способ использования измерителя скорости течения – это автономный вариант, например, с постановкой на бую. Также существует возможность работы прибора в телеметрическом режиме.

На рисунке 1 представлена структурно-функциональная схема прибора в варианте подключение к ПЭВМ. Измерительный модуль состоит из микроконтроллера (МК), канала измерения скорости течения, в который входят время-цифровой преобразователь (ВЦП), генератор, усилители и пьезоизлучатели (ПИ-1, ПИ-2); канала

измерения температуры на основе цифрового датчика температуры (t) компании Dallas Semiconductor; канала измерения глубины на основе аналогового датчика абсолютного давления (P) компании Freescale Semiconductor; канала определения собственных движений на основе акселерометра (A); канала определения направления течения на основе электронного компаса (ЭК) и преобразователя уровней (RS-232).

Предварительная обработка собранных данных и пересылка данных со всех измерительных каналов из измерительного модуля в ПЭВМ осуществляется микроконтроллером MSP430 компании Texas Instruments. Этот микроконтроллер обладает сверхнизким энергопотреблением при хорошем быстродействии (330 μ A на 1 MIPS), имеет встроенный 12 разрядный АЦП, отвечает требованиям температурного режима измерителя (от минус 50 до плюс 85 °C), аппаратно поддерживает наиболее распространенные интерфейсы связи, которые используются для обмена данными с измерительными каналами и модулем хранения информации, что позволяет гибко изменять и обновлять программный код, производить регистрацию данных.

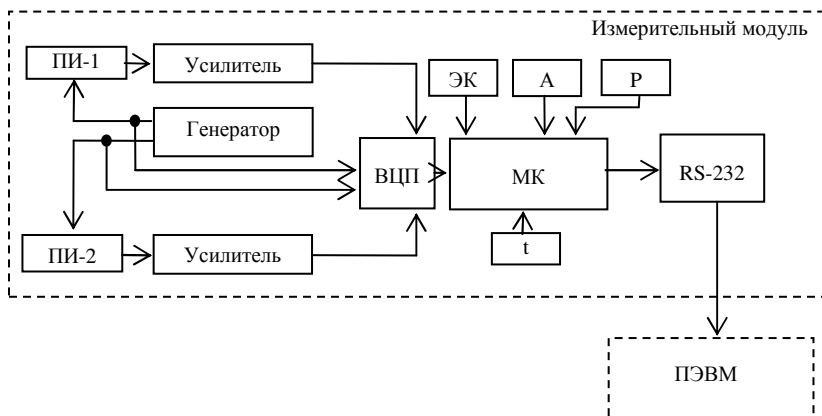


Рис. 1. Структурно-функциональная схема измерителя

Рассмотрим подробнее работу измерительного модуля. Блок схема работы программного обеспечения встроенного в него контроллера представлена на рисунке 2.

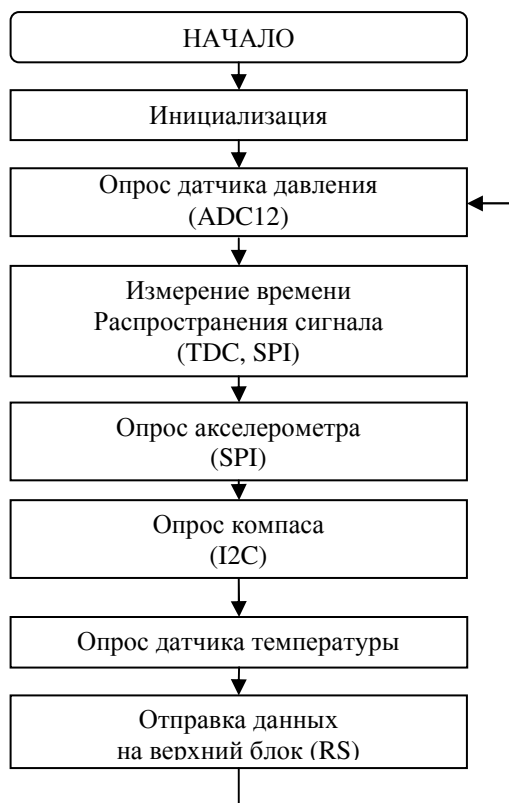


Рис. 2 . Алгоритм работы программы

Вся программа представляет собой блок инициализации и непрерывный цикл сбора данных. В блоке инициализации последовательно настраиваются модуль тактирования, все выходы микроконтроллера и периферийные устройства. Как видно из приведенного выше рисунка, процесс сбора данных происходит в последовательном опросе каждого модуля:

1) С помощью встроенного 12-разрядного АЦП преобразуется сигнал с аналогового датчика давления.

2) Затем, с помощью время-цифрового преобразователя измеряется время распространения акустического сигнала в среде. Время-цифровой преобразователь передает данные по стандартному интерфейсу SPI.

3) По интерфейсу SPI опрашивается цифровой трехосевой акселерометр.

4) По интерфейсу I2C опрашивается цифровой компас.

5) Опрашивается цифровой датчик температуры.

6) Собранные данные отправляются одним кадром в модуль хранения информации.

Технические характеристики прибора представлены в таблице 1.

Таблица 1. Основные технические характеристики

Измеряемый параметр	Диапазон измерения	Погрешность	Случайная погрешность
Гидростатическое давление, кПа (глубина, м)	0 ÷ 250 (0 ÷ 25)	(±2 %)	0,006
Скорость течения, м/с	0,04 ÷ 5,00	±2 %	0,007
Температура воды, °C	-2 ÷ 35	±0,6	0,0625
Направление течения, град	0-360	±2,5	0,5
Собственное движение прибора (ускорение), g	±1,7	±6 %	0,001
Время работы в автономном режиме до 5 месяцев			
Глубина постановки до 500 м			

Созданный макет акустического измерителя скорости и направления течения ИСТ-1М является современным автоматическим прибором универсального применения с возможностями и характеристиками, в основном не уступающими ни одному из выпускаемых приборов.

ЛЕНДЕРЫ В ШВЕДСКИХ ФЬОРДАХ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОБМЕНА НА ГРАНИЦЕ ВОДА-ДНО

Черевко И.В., Розанов А.Г.

*Институт Океанологии им. П. П. Ширинова РАН,
117997, Москва, Нахимовский проспект д.36,
тел. (499)1245996, факс (499)1245923,
e-mail – rozanov@ocean.ru*

Landers in the Swedish fjords. Monitoring of chemical exchange on the **water**-sediment interface. Technical features of the landers. Conditions of carrying out of experiments. Post-expedition work on determination of dissolved inorganic carbon in benthic water.

В июне 2011 года департаментом морской химии Университета Гетеборга (Швеция) под руководством профессора Пера Холла (Per Hall) была проведена научно-исследовательская экспедиция в район фьордов Би и Кольо, расположенных на юго-западном побережье Швеции. Целью экспедиции было исследование потоков химических элементов через границу раздела вода-дно с помощью автономных донных станций – лендеров. Экспедиция выполнялась на принадлежащем университету Гетеборга НИС «Скагеррак». Подобные экспедиции проводятся несколько раз в год, как правило, зимой и летом, и являются частью проекта по мониторингу биогеохимического состояния придонного слоя. В Институте Океанологии РАН также был создан лендер, который был опробован в Балтийском и Черном морях. Наше участие в шведской экспедиции представляло интерес в плане обмена техническим и методологическим опытом, а также ознакомления с работой нового оборудования для химического анализа проб.

В процессе экспедиции выполнялись следующие эксперименты: постановка лендера, постановка на дно конструкции, представляющую собой четырехметровую мачту, на которой через каждые 5 сантиметров были закреплены оптоды, позволяющую отслеживать градиентное изменение концентрации кислорода *in situ* во всей толще от поверхности до дна на месте постановки лендеров.

Используемые во время работы лендеры различались размерами (далее – большой и малый лендеры). Основной конструкции лендеров является несущая рама, на которой закрепляются рабочие элементы (см. илл. 26-1 цв. вкладки). На раму крепятся камеры, в которых

производится инкубация; CTD-зонд, оптод для измерения концентраций растворенного кислорода в камере; процессор, блок управления, подающий с помощью запрограммированного процессора команды управляемым элементам лендера. Камеры являются основным элементом лендера и представляют собой прозрачные пластмассовые емкости, оборудованные снизу захлопывающимися крышками. К камере подведены шприцы, которые по запрограммированной команде производят отбор проб в заданное время с помощью пружинного механизма. Датчики оптодов находятся в боксовых камерах, что позволяет измерять изменения концентраций кислорода с любым заданным интервалом. Перед началом экспозиции в процессорный блок загружается программа, управляющая шприцами. На время экспозиции к лендеру крепятся поплавки, указывающие его местонахождение. После окончания времени экспозиции лендера, заполненные шприцы снимаются с камер, и полученные пробы разливаются по емкостям для последующей обработки.

Всего за время 7 дней экспедиции были проведены по 5 параллельных постановок каждого из лендеров, по одной во фьорде Кольо (глубина погружения 12 м) и по 4 во фьорде Би (глубина погружения 9 м). Время одной экспозиции составляла 22-24 часа. В каждой из постановок большого лендера отбиралось 36 проб, маленького – 18 проб. Суммарно было получено около 260 проб, процент несработавших шприцов был минимален (2%), поэтому эксперимент можно считать удавшимся. Отобранные пробы разливались по емкостям, после чего передавались на обработку в лаборатории. Отобранные с помощью боксера образцы грунта были порезаны и высушены, после чего упакованы для обработки в лаборатории. В полученных пробах воды определялось содержание следующих химических веществ: биогенные элементы – растворенные формы азота, кремния и фосфора; метана, углекислого газа, а также рН и щелочности. Также при упаковке проб для определения концентраций метана в каждую из емкостей шприцом вводился некоторый объем инертного газа. Полученные пробы были упакованы и после экспедиции отправлены в научно-исследовательскую лабораторию в Стокгольм, Швеция. Наша часть исследований включала в себя обработку проб на содержание углекислого газа, а также определение рН и щелочности. Концентрации углекислого газа определялись с помощью инфракрасного анализатора Li-Cor 7000. Содержание углекислого газа определялось методикой его вытеснения азотом, с предварительным добавлением фосфорной кислоты (1 мл на

5 мл пробы). Вытесненный углекислый газ попадал в анализатор, который определял его содержание и сохранял результат в отдельный файл. Каждая проба имела 3-4 повторимости со временем обработки 7 минут каждая.

Сравнение шведских лендеров с лендером ИО РАН свидетельствует о более высокой автоматизации и приборной оснащённости измерений, обеспечивающих надёжный отбор проб и их анализ. С другой стороны, лендер ИО РАН имеет устройства, не предусмотренные шведами (фоновые камеры, система контроля гидродинамики).

МНОГОКАНАЛЬНЫЙ ГИДРОЛОГО-ОПТИКО-ХИМИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

Смирнов Г.В., Аистов Е.А., Оленин А.Л.

*Институт океанологии им. П.П. Ширинова РАН
117997, г. Москва, Нахимовский проспект, д.36
Тел. (499)1245958 e-mail gvsmirnov@ocean.ru;
olenant@hotmail.com*

The hydro- optical- chemical-measuring system is considered

Целевой научно-технической программой «Разработка уникальных научно-исследовательских приборов и оборудования для учреждений РАН», утвержденной Президентом РАН 27.03.2008 г. предусмотрена научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа (НИОКР) «Многоканальный гидролого-оптико-химический комплекс для проведения океанологических и экологических исследований на подвижных измерительных платформах». На предыдущей, XI конференции МСОИ, был сделан подробный доклад о целях и задачах данной работы и ходе её выполнения [1]. В рамках проекта планировалось исследовать возможность создания измерительных каналов показателя ослабления направленного света, акусто-оптического спектроанализатора, идентификации частиц взвеси в морской воде. Работа выполняется совместно Лабораторией методологии и технических средств океанологических исследований Института Океанологии РАН и ФГУП Опытным конструкторским бюро океанологической техники РАН. Коллектив участников проекта испытывал проблемы при выполнении плановых работ,

обусловленные отсутствием планового финансирования и даже его прекращением. Но выполнение проекта продолжилось и на данный момент выполнены следующие работы:

1. Окончательно сформировалось представление о структуре многоканального измерительного комплекса как технологической программно-аппаратной платформе для отладки новых измерительных каналов. Спроектирован и изготовлен измерительный канал показателя ослабления направленного света, проведена его предварительная метрологическая аттестация и натурные испытания. Спроектировано и изготовлено погружаемое устройство комплекса и судовой блок. Выполнены лабораторные и натурные испытания погружаемого устройства в составе несущей рамы, модуля управления, измерительных каналов: STD-зонда, показателя ослабления направленного света, концентрации растворенного в воде кислорода.

2. Спроектирован и изготовлен лабораторный стенд для исследования технических характеристик гидрооптических каналов. Стенд предназначен в частности для исследования измерительного канала акусто-оптического спектроанализатора применительно к регистрации комбинационного рассеяния лазерного излучения водной средой, для чего он оборудован большой стеклянной кюветой, системой водоочистки и комплектом химического оборудования и реактивов для приготовления водных растворов заданного химического состава. В конструкции стенда предусмотрены меры обеспечения лазерной безопасности.

3. Спроектировано усовершенствованное погружаемое устройство, состоящее из гидрофизического модуля и модуля измерительного канала идентификации частиц взвеси. Гидрофизический модуль изготовлен и уже может быть использован для автономного использования в качестве гидрофизического зонда.

Модуль измерительного канала идентификации частиц взвеси изготавливается. Заказан и изготавливается на кабельном заводе оптико-волоконный грузонесущий кабель-трос.

Литература

1. Смирнов Г.В., Оленин А.Л., Шаповалов И.С. Многоканальный гидролого-оптико-химический комплекс для проведения океанологических и экологических исследований на подвижных измерительных платформах Материалы конференции XI МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ» Часть I МОСКВА 2009 стр. 34-62

II. ТЕХНОЛОГИИ ГЕЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РЕСУРСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОКЕАНЕ

ДЛИТЕЛЬНЫЙ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И РЕГИСТРАЦИЯ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ДОННЫМИ СЕЙСМОГРАФАМИ ИО РАН

¹Левченко Д.Г., ²Белов С.В., ²Гвоздецкий А.Л., ²Зубко Ю.Н.,
²Червинчук С.Ю., ²Суконкин С.Я.

¹ *Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,
Нахимовский пр., 36, 117997, г. Москва, 8(499)124-87-01,
levch35@mail.ru*

² *ОКБ океанологической техники РАН, ул. Летняя, 1,
109387, г. Москва, 8(495)350-26-12, okb@edboe.ru*

Results of registration of catastrophic earthquake on 11.03.2011 near isl. Honshu (Japan) with the help of the equipment of a broadband bottom seismograph of Institute of oceanology RAS on test bed by Experimental Design Bureau of Oceanologic Equipment (EDBOE) RAS (Moscow) are considered. Possible directions of development of methods and equipment of the forecast of strong sea earthquakes and a tsunami are examined.

В настоящее время на всех континентах созданы обширные сейсмологические сети: только в Японии имеется более 2000 сейсмографов. Однако морская сейсмологическая сеть практически отсутствует вследствие существенных технических и методических трудностей ее разработки. В то же время большинство землетрясений (до 80%) происходит под дном морей и океанов. Катастрофические землетрясения в декабре 2004 г. в Индийском океане ($M = 9.1$) и в марте с. г. возле о. Хонсю (Япония) с $M = 8.9$, сопровождавшиеся разрушительными цунами и многочисленными человеческими жертвами, настоятельно требуют совершенствования методов и средств морской сейсмологии с целью исследования и краткосрочного прогноза подобных событий.

В Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН в течение более 30 лет разрабатываются и используются широкополосные (0.003 - 20 Гц) автономные донные сейсмографы (ШАДС), по основным параметрам приближающиеся к лучшим наземным образцам. С их помощью были получены на дне акваторий уникальные записи

микросейсм, местных и удаленных землетрясений, сотрясений от подводных оползней и др. Аппаратуры ШАДС с целью проверки ее надежности в течение четырех лет используется для непрерывного сейсмологического мониторинга на территории ОКБ ОТ РАН (г. Москва, Люблино), где оборудован специальный подземный бункер. В результате были записаны сильнейшие удаленные землетрясения 12 мая 2008 г. на юго-востоке Китая и 11 марта этого года у берегов Японии, а также сигналы от удаленных землетрясений средней силы (Пелопонесс, Греция, 8.06.2008, $M=6,1$; Хонсю, Япония, 13.06.2008, $M=6,8$ и др.), что свидетельствует о высокой чувствительности и надежности тракта регистрации.

Приведем краткое описание сейсмографа ШАДС. Аппаратура включает широкополосный трехкомпонентный велосиметр электрохимического типа СМЕ-4111-3Х, разработки Центра молекулярной электроники МФТИ (г. Долгопрудный МО). Велосиметры СМЕ-4111-3Х по частотному и динамическому диапазонам и уровню собственных шумов вполне пригодны для регистрации большинства слабых местных, сильных и средних удаленных землетрясений, а также микросейсм среднего уровня. Запись производится с помощью четырехканального 24-х разрядного регистратора с привязкой сигналов к Единому времени по JPS. Регистратор содержит твердотельную память объемом 8 ГБ и автономные часы с погрешностью 10^{-9} .



Рис. 1. Испытательный сейсмологический стенд в подземном бункере на территории ОКБ ОТ РАН

Испытательный стенд находится в специальном бункере размерами около 6х6х2.5 м с заглублением пола около 4 м от поверхности грунта, расположенном на расстоянии около 20 м от стены производственного здания, около 1 км от автомагистрали и линии метро. На дне бункера находится бетонный постамент с размерами 1х2х0.6 м, на котором размещается испытываемая аппаратура.

На рис. 2 приведена запись начальной части Сычуаньского землетрясения. На рисунке хорошо видны вступления объемных Р и S волн, а также отраженной от поверхности сдвиговой волны SS. Общая длина записи составляет около 90 минут за счет дисперсии волн.

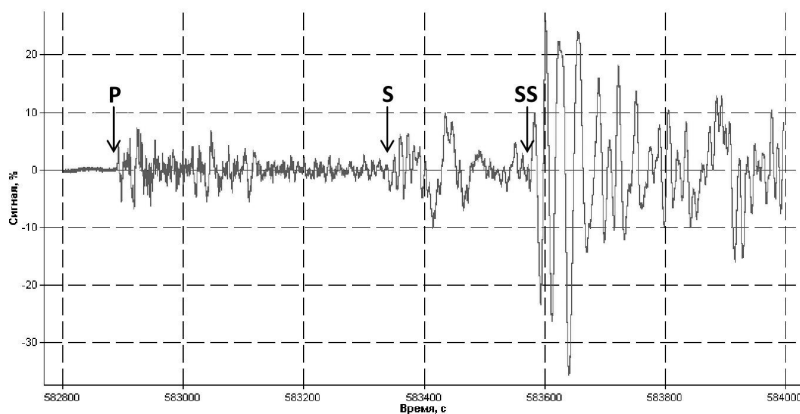


Рис. 2. Запись донным сейсмографом ИО РАН на стенде ОКБ ОТ РАН вертикального компонента разрушительного Сычуаньского землетрясения (Китай, 12 мая 2008 г., $M = 7,5$, $L = 5600$ км)

На рис. 3 представлена запись на стенде ОКБ ОТ РАН сильнейшего землетрясения 11 марта с. г. у Тихоокеанского побережья Японии, приведшего в результате цунами к многочисленным жертвам и экологической катастрофе. Общая длина записи составляет более 2-х часов вследствие дисперсии волн. На записи видны вступления объемных Р и S волн, а также поверхностных волн Лява и Релея.

Основные технические параметры широкополосных донных сейсмографов ШАДС, разработанных в ИО РАН и ОКБ ОТ РАН, и опыт их эксплуатации позволяют на наш взгляд рекомендовать их в качестве основы для развертывания стационарных морских сейсмологических сетей в районах ожидаемых сильных подводных землетрясений.

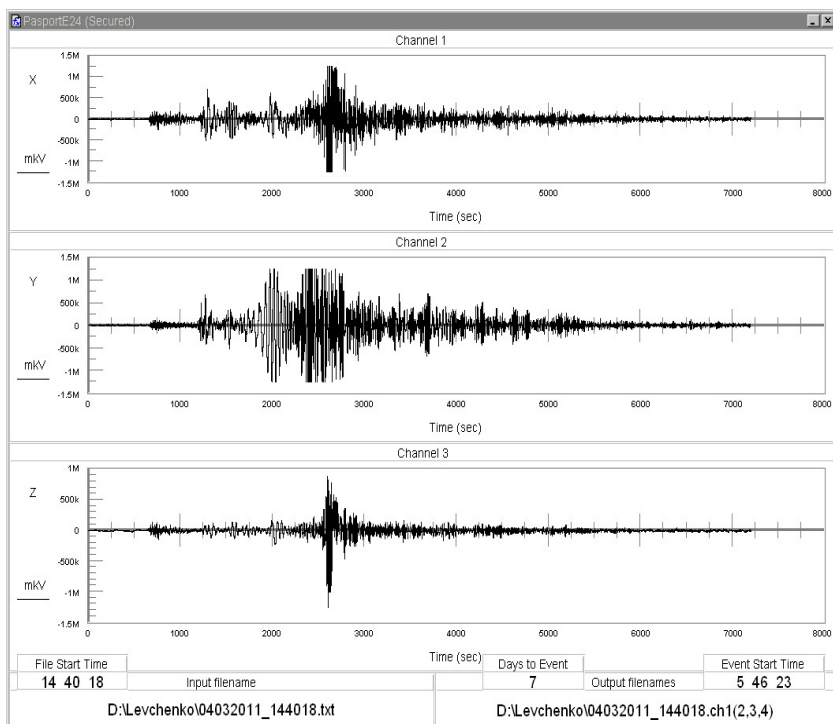


Рис. 3. Записи донным сейсмографом ШАДС на стенде ОКБ ОТ РАН компонентов катастрофического землетрясения у о. Хонсю (Япония, 11 марта 2011 г., $M = 8,9$, $L = 7415$ км)

Необходимо признать, что в настоящее время вызовы природы в виде катастрофических землетрясений и цунами до настоящего времени не находят адекватного ответа сейсмологов, что динамика процессов, происходящих в недрах Земли в конкретном регионе, остается по-прежнему неизвестной, и что простое увеличение количества наземных сейсмографов не приводит к заметному прогрессу в этой области. В связи с этим, на наш взгляд, необходимо распространять сейсмологическую сеть в океанические области, где ожидаются и происходят сильнее землетрясения и цунами для выявления возможных прогнозных признаков в конкретных регионах.

ШИРОКОПОЛОСНЫЙ ДОННЫЙ СЕЙСМОГРАФ С РАСШИРЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

¹Левченко Д.Г., ²Зубко Ю.Н.

¹ *Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,
Нахимовский пр., 36, 117997, г. Москва, 8(499)124-87-01,
levch35@mail.ru*

² *ОКБ океанологической техники РАН, ул. Летняя, 1,
109387, г. Москва, 8(495)350-26-12, okb@edboe.ru*

Problems of creation of a sea seismological network are considered. Results of development in Institute of Oceanology RAS and EDB Oceanological Equipment RAS of a broadband bottom seismograph with the extended possibilities are resulted.

Сильнейшие подводные землетрясения ряда последних лет, сопровождаемые катастрофическими цунами, подтверждают настоятельную необходимость создания стационарной морской сейсмологической сети. Существующие сети наземных сейсмографов регистрируют сигналы сильных удаленных подводных землетрясений с большими искажениями, а слабые сейсмические сигналы при этом не регистрируются вовсе. Такая ситуация не позволяет определять единую сейсмотектоническую картину Земных недр и проводить эффективное изучение предвестников сильных землетрясений, характерных для конкретного морского региона.

Как известно, разработка и эксплуатация стационарных донных сейсмографов связана с существенными принципиальными, техническими и методическими трудностями. Принципиальные трудности состоят в специфических условиях постановки на дно, невозможности непосредственных проверок и наладок на дне, в обеспечении оперативной связи с сейсмографом. В этом отношении подобные работы сходны с технологиями, используемыми в космонавтике. Основные технические трудности заключаются в отсутствии серийных сеймоприемников, которые выдерживали бы условия работы на дне, не требовали ручной установки и, в то же время, имели бы необходимые метрологические параметры. К методическим трудностям можно отнести специфические условия сцепления сейсмографа с мягким дном, влияние придонных течений,

особенности распространения сейсмоакустических сигналов в морской среде.

Первые попытки создания морских сейсмологических сетей (проекты “Venus”, “Geo-Tec”, “Geo-star” др.) с использованием донных кабелей не увенчались успехом в связи с чрезвычайно высокой их стоимостью. В настоящее время реализуются проекты создания кабельных сетей подводных обсерваторий в прибрежных зонах вокруг Европы, Японии и на границе США и Канады. Эти проекты оцениваются в сотни миллионов долларов и рассчитаны на десятки лет. Задача создания транс-океанических кабельных сейсмологических сетей пока не ставится.

В Институте океанологии РАН в течение ряда лет (более 30) разрабатываются и используются широкополосные автономные донные сейсмографы, по своим метрологическим параметрам близкие к лучшим наземным образцам. По нашему мнению они могут быть положены в основу создания морской сейсмологической сети уже в настоящее время. Достижения современных морских технологий, электроники и техники связи позволяют создавать автономные подводные станции со временем работы на дне в течение нескольких лет и оперативной передачей данных по спутниковым каналам связи через ретрансляционные поверхностные буи. Примером может служить система оповещения опасности цунами “DART” (США).

В настоящее время в ИО РАН и ОКБ ОТ РАН разрабатывается новая версия широкополосного донного сейсмографа с расширенными эксплуатационными возможностями. Сейсмограф предназначен как для работы в автономном режиме, так и в кабельном варианте, например, в составе морских нефтедобывающих платформ. В сейсмографе используется трехкомпонентный сейсмоприемник электрохимического типа СМЕ-4111-3х разработки Центра молекулярной электроники МФТИ (илл. 29-1 цв. вкладки). Эти приборы проходят длительную проверку на испытательном стенде ОКБ ОТ РАН. Сейсмограф конструктивно состоит из двух блоков - измерительного и носителя, соединенных кабель-тросом. В измерительном блоке (илл. 29-2 цв. вкладки) находятся сейсмоприемники и гидрофоны, цифровой регистратор и устройство ориентации. Блок носителя имеет положительную плавучесть и содержит источники питания, канал гидроакустической связи с обеспечивающим судном, размыкатель балласта, стабильные часы, световой проблеск и маяк-ответчик для поиска на поверхности.

Основные характеристики сейсмографа: полоса регистрации 0.003-20 Гц, динамический диапазон 120 дБ, порог чувствительности

(на 1 Гц) 10^{-8} м/с, время работы в автономном режиме до 3 мес., глубина постановки до 5 км.

Конструкция измерительного блока обеспечивает хорошее сцепление с дном и малое влияние придонных течений. Соединительный трос-кабель производит питание блока и связь на расстоянии до 100 м. С помощью цифровых модемов кабельную связь можно увеличить при необходимости до нескольких километров. Передача данных и прием команд управления может осуществляться через ретрансляционный буй и спутниковую связь. При этом питание аппаратуры может производиться от солнечных батарей или волновых источников. Эксплуатация должна осуществляться без применения подводных роботов или обитаемых аппаратов.

КОГЕРЕНТНОЕ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ МОРСКОГО ДНА

**Лазарев В.А., Малеханов А.И., Мерклин Л.Р.¹, Романова В.И.,
Хилько А.И.**

*Институт прикладной физики РАН, Россия, Н.Новгород,
ул. Ульянова, 46;*

*¹ Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН.
Тел./факс 8 (831) 4368490,
E-mail: A.khil@hydro.appl.sci-nnov.ru*

In the report the noise and signals which arise at sounding sea-bottom by linearly frequency dependent pulses are analyzed. The noise of a ship, tugging a reception-radiating complex, and ground reverberation, coming on the aerial from lateral directions, are considered.

В докладе анализируются помехи и сигналы, которые возникают при зондировании морского дна линейно частотно зависимыми импульсами. К помехам относятся шум судна, буксирующего приёмно-излучающий комплекс, и донная реверберация, приходящая на антенну с боковых направлений.

Одним из требований проведения инженерных сейсмоакустических (СА) работ в шельфовых зонах является минимизация негативного воздействия мощных сейсмоакустических источников взрывного типа на экологию океана [1]. Однако снижение

мощности взрывных источников ведет к ограничениям эффективности морской сейсморазведки, поскольку накопление полезных сигналов от таких некогерентных пневматических, искровых, а также взрывных СА источников малоэффективно, из-за их низкой воспроизводимости и когерентности [2]. Как показали исследования, необходимые для решения практических задач, разрешающая способность и глубины СА зондирования могут быть достигнуты при использовании широкополосных когерентных гидроакустических (ГА) источников [2]. Мощность излучения таких источников относительно невелика. Тем не менее, благодаря высокой когерентности излучаемых сигналов, необходимая эффективность СА зондирования может быть достигнута накоплением сигналов.

Возможности использования когерентных ГА источников при сейсмоакустическом зондировании морского дна исследовались в экспериментах в Каспийском море при подводной буксировке приемно-излучающего комплекса с помощью НИС [2]. Буксируемый подводный аппаратный комплекс состоял из закрепленного на гидросамолете когерентного ГА излучателя и горизонтально ориентированной приемной решетки из 25 цифровых гидрофонов (рис. 1). Излучатель буксировался на глубине 30 м в районе с глубинами места, меняющимися в интервале $200 \div 600$ м. Зондирование выполнялось с использованием когерентного ГА источника, имеющего частотную характеристику, показанную на рис. 2 (мощность указана в дБ относительно мощности излучения с амплитудой 1 Па/1м). При зондировании возбуждались ЛЧМ импульсы в различных частотных интервалах. Длина импульсов равнялась 0.12 секунд. При мощности излучения порядка $100 \div 300$ Вт в различных частотных диапазонах (рис. 2), отношение полезных, отраженных от дна сигналов к шуму составляло от 5 до -15 дБ. Основными помехами при измерениях являлись шумы НИС-буксировщика.

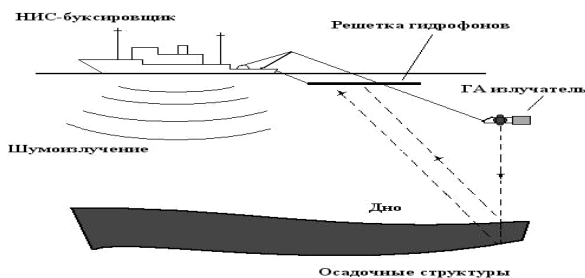


Рис. 1.

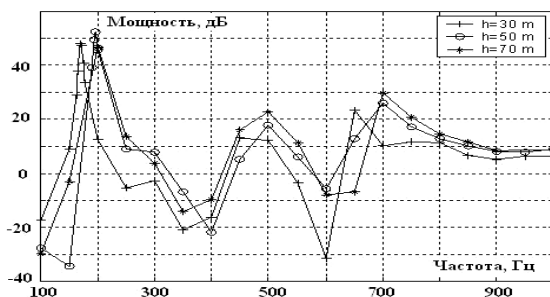


Рис. 2.

Для апробирования метода выполнялись эксперименты по зондированию донных слоев с помощью НЧ КИС источника в Каспийском море в пределах полигона измерений, расположенного в интервале координат между т. (42° 46' N; 49° 33' E) и т. (42° 57' N; 49° 39' E) [2]. Измерения рассеянных дном сейсмоакустических импульсов были осуществлены при буксировке изучающей и приемной систем вдоль ряда трасс, длиной от нескольких до десятков километров. Измерения проводились на основе методики, показанной на рис. 1. На рис. 5, в качестве примера, представлены результаты формирования изображения донных слоев для трассы 2 с координатами: начало 42° 56' N; 49° 34' E; конец 42° 50' N; 49° 38' E, при использовании одного импульса (рис. 5а) и при когерентном накоплении ста ЛЧМ импульсов (рис. 5б). Излучаемые в полосе 180-230 Гц с периодом 1.5 секунд импульсы подвергались согласованной фильтрации. Отношение уровней полезных сигналов к шумам и помехам в указанных измерениях, которое обуславливалось мощностью источника в указанном частотном диапазоне и уровнем шумоизлучения НИС-буксировщика без траекторного накопления зондирующих импульсов, составляло 0÷-5 дБ (рис. 3а). Осуществление когерентной фильтрации и траекторного накопления позволило повысить отношение полезных сигналов к шумам и помехам до 15-20 дБ, и оценить параметры донных слоев с высокой достоверностью (рис. 3б). Исходя из полученных экспериментальных данных, при использовании широкополосных зондирующих импульсов разрешение при реконструкции будет зависеть от интервала глубин, то есть, поле зрения при построении изображения морского дна будет неизопланатичным. В проведенных натурных измерениях наблюдалось когерентное сжатие зондирующих ГА ЛЧМ-импульсов в

полосе от 100 до 1000 Гц. За счет этого при значительном (в $\sim 10 \div 20$ раз) повышении пространственного разрешения, было достигнуто увеличение отношения сигнал к помехе на $10 \div 15$ дБ. Кроме того, при скоростях буксировки порядка 3 узлов, в районе измерений в Каспийском море наблюдалось когерентное накопление большого числа зондирующих импульсов, обеспечившее дополнительное повышение отношения сигнала к помехе до $\sim 10 \div 15$ дБ. Таким образом, в осуществленных измерениях за счет высокой когерентности реализовывалось накопление ГА сигналов до 30 и более децибел. За счет использования относительно широкополосных зондирующих сейсмоакустических импульсов пространственное разрешение при реконструкции структуры донных слоев на порядок и более превышало величины, которые наблюдались при использовании НЧ импульсов, возбуждаемых пневмоисточником. Достигнутое накопление сейсмоакустических импульсов при зондировании дна Каспийского моря в описываемых экспериментах эквивалентно использованию ГА излучателей мощностью более десятка киловатт.

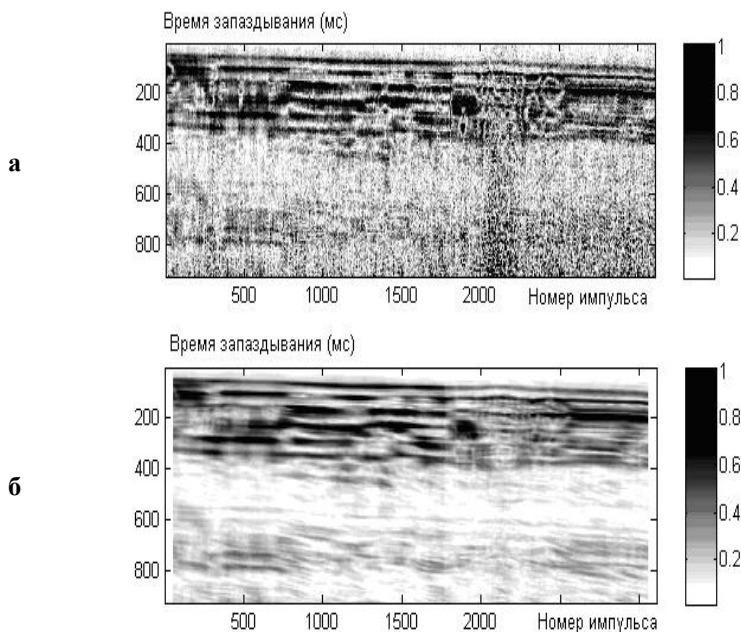


Рис. 3.

Основными помехами при измерениях являлись шумы НИС-буксировщика. На рис. 4 показан динамический спектр наблюдавшегося при буксировке шума, в диапазоне 50÷150 Гц (а) и усредненные на интервале стационарности спектры в том же диапазоне (б). Уровень таких помех может на два ÷ три порядка (в зависимости от частотного диапазона) превышать шумы океана. При проведении сейсмоакустического зондирования дна для ослабления такого рода помех принимаются специальные меры, в частности, используются НИС-буксировщики с пониженными уровнями шумов. Кроме этого, приемные решетки располагаются на большом удалении от буксировщика. В рассматриваемом эксперименте также оказалось возможным понизить уровни акустических помех (кривая 2, на рис. 4б) оптимизацией режимов работы механизмов НИС при буксировке. В проведенных натурных измерениях наблюдалось когерентное сжатие зондирующих ГА ЛЧМ-импульсов в полосе от 100 до 700 Гц, что позволяло при значительном (в ~10÷20 раз) повышении пространственного разрешения увеличить отношение сигнала к помехе на 10÷15 дБ.

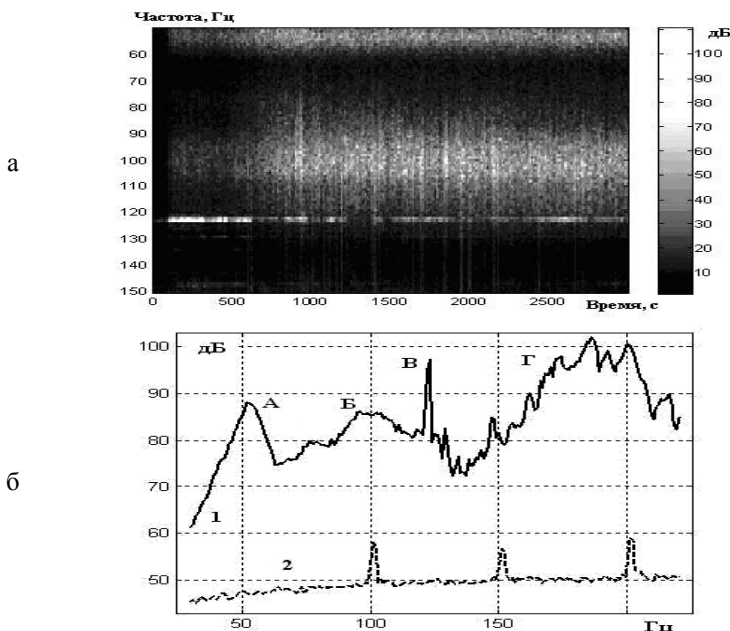


Рис. 4.

Кроме шумов буксировщика, существенной помехой при СА зондировании дна является реверберация, формирующаяся при рассеянии зондирующих импульсов на случайных неоднородностях среды, и, в первую очередь, поверхности дна. Реверберационные помехи формируются в широком интервале задержек в областях донной поверхности, представляющих собою площадки пересечения импульсных объемов и диаграммы направленности приемной решетки (области R_0 , R_I и т.д., на рис. 5). В области малых задержек (0.1-0.2 с) реверберация формируется за счет ветрового волнения при отражении СА импульсов от поверхности океана. Уровень таких реверберационных помех существенно меньше корреляционных помех прямого сигнала, что является следствием, в том числе, того, что приемная решетка располагается вблизи поверхности, и рассеяние от поверхностных неоднородностей происходит под малыми углами. В интервале больших значений задержек реверберационные помехи формируются, в основном, за счет рассеяния на случайных неоднородностях дна. Начиная с интервала задержек 0.5 секунд, формируется интенсивная донная реверберация, которая, спадая по уровню, перекрывает широкий интервал задержек, вплоть до полутора и более секунд. Суммарный сигнал донной реверберации содержит в себе сигналы, рассеянные как случайными неоднородностями донной поверхностью (области R_p , на рис. 6), так и совокупностью объемных случайно распределенных неоднородностей донных слоев (области на рис. 6, закрашенные серым цветом) и случайными неоднородностями границ донных слоев (области R_d на границах донных слоев, рис. 2). Объектом СА зондирования (профилирования) являются горизонтальные вариации глубин, на которых располагаются границы донных слоев в интервале задержек от 0.5 секунд и далее. Уровень «полезных» сигналов, соответствующих отражению от таких границ, спадает за счет затухания и, начиная со значений задержек 0.5÷1 секунд, становится слабым и практически полностью маскируется шумами НИС буксировщика. Эффективность реконструкции глубин расположения донных слоев определяется оптимизацией решающих статистик и критериев принятия решений в зависимости от статистических характеристик аддитивных шумов и реверберационных помех при СА зондировании морского дна. В этой связи актуальной научной задачей является исследование источников и характеристик таких шумов и помех, а также построение моделей формирования полезных сигналов, основанных на исследовании структуры донных слоев. Как показывает анализ результатов экспериментов, отраженные как от донной поверхности, так и от

границ донных слоев сигналы имеют сложную неоднородную структуру. Данные наблюдений демонстрирует то обстоятельство, что такого рода границы являются, в общем случае, для каждого акта зондирования (одного импульса) объектами, однозначно локализованными по глубине. Однако они, часто, имеют протяженность по глубине, а также существенную изрезанность и изменчивость по трассе наблюдения.

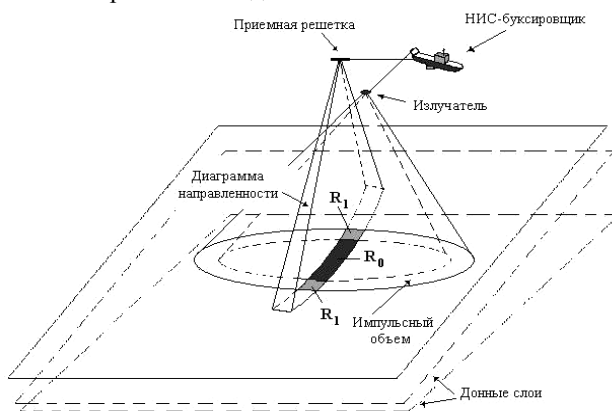


Рис. 5. Схема формирования донной реверберации при СА зондировании морского дна

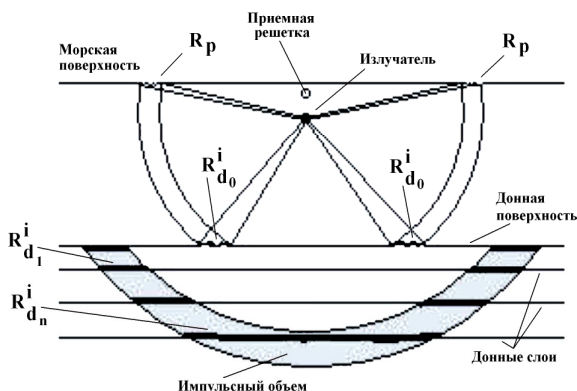


Рис. 6. Структура импульсного объема с номером i в плоскости диаграммы направленности приемной решетки и области формирования реверберации

Иллюстрацией является изображение донной поверхности, соответствующее отраженному сигналу с выхода согласованного фильтра для интервала задержек $0.25 \div 0.3$ сек (рис. 7). Структура отраженного от донной поверхности сигнала получена при усреднении по 10 (а) и 100 (б) зондирующим импульсам. Область больших задержек соответствует откликам от границ донных слоев, расположенных на небольшой глубине под донной поверхностью. Для интерпретации структуры откликов, наблюдаемых в интервале малых значений задержек на рис. 7, необходимо учитывать то обстоятельство, что излучаемые импульсы возбуждались с периодом, равным 1.4 секунды. Для обеспечения оптимального квантования измеряемых сигналов при СА зондировании осуществлялось временное стробирование, при котором включение приемной системы осуществлялось с момента, соответствующего значению задержек равному 0.4 секунд. При этом большие по величине сигналы прямой засветки и сигнал, отраженный от морской поверхности, не регистрировались. Интервал задержек, в котором осуществлялось наблюдение полезных, рассеянных от границ донных слоев, в условиях эксперимента, был равен 1 секунде. Таким образом, после включения регистрации рассеянных компонент очередного импульса, в интервал задержек протяженностью 0.1 секунды, попадали сигналы, рассеянные границами лежащих на глубинах порядка 0.8-1.2 км. Кроме того, туда же попадали импульсы, рассеянные совокупностью случайных неоднородностей в соответствующем импульсном объеме (объем, закрашенный серым цветом, на рис. 6), а также рассеянные на случайных неоднородностях верхней границы дна, в пределах проекции импульсного объема, удаленного на дистанциях порядка 400-500 м от источника (Rd_i).

Оценки показывают, что с учетом сложности многослойного строения дна и затухания в нем, реверберация от донной поверхности в указанном интервале задержек на 1-2 порядка превосходит по величине остальные компоненты регистрируемого сигнала. Таким образом, практически их можно считать сигналами поверхностной донной реверберации. Как видно из результатов обработки экспериментальных данных (рис. 3), вдоль трассы буксировки (галс №2) длиной 6 км, глубина донной поверхности увеличилась на величину порядка 70-80 м. Кроме того, начиная с дистанций от 4.5 до 6 км, поверхность дна выглядела существенно размытой, а уровень поверхностной реверберации значительно возрос. На рассматриваемом участке трассы (рис. 5б) наблюдаются квазивертикальные структуры, которые можно рассматривать как каналы вертикальной миграции

углеводородных газов и флюидов. Эти каналы, иногда называемые «газовыми трубами», создают акустические неоднородности дна и толщи осадков как за счет их деформации, так и за счет газонасыщенности. Это, в частности, проявилось и в заметном возрастании уровня поверхностной донной реверберации. Отмеченное в экспериментах разделение за счет пространственной и частотной фильтрации и временного стробирования различных волновых компонент позволило провести сравнительный анализ статистических характеристик полезных, отраженных от донных границ откликов, откликов поверхностной реверберации, а также аддитивных шумов.

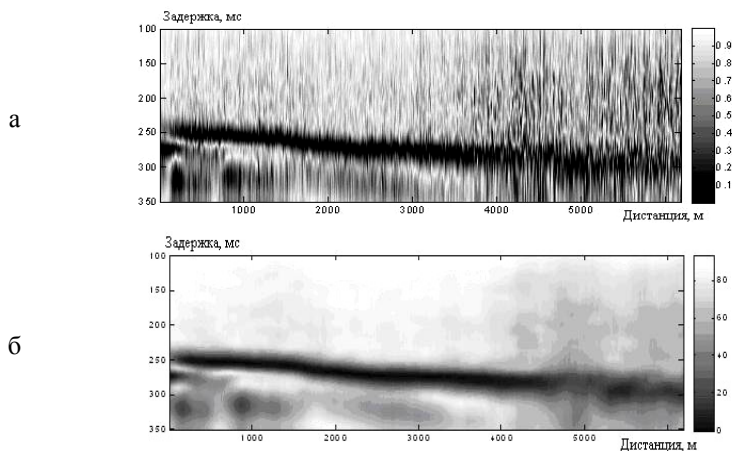


Рис. 7.

На рис. 8, в частности, представлены коэффициенты корреляции в плоскости «задержка-дистанция» для компонент отклика согласованного фильтра. Как следует из результатов анализа, в начале трассы СА профилирования, пространственный радиус когерентности для донной реверберации превышает 3 км, в то время как когерентность сигнала, формирующего картину донных слоёв, оказалась равной величине порядка 100 м. Полученный эффект связан с неоднородностью донного рельефа. При учете наклона донной поверхности, когерентность составляет 300-400 м и зависит от горизонтальной изменчивости [3]. Когерентность же шумов буксировщика разрушается за 20 секунд, что в пересчете на пространство составляет 40 м.

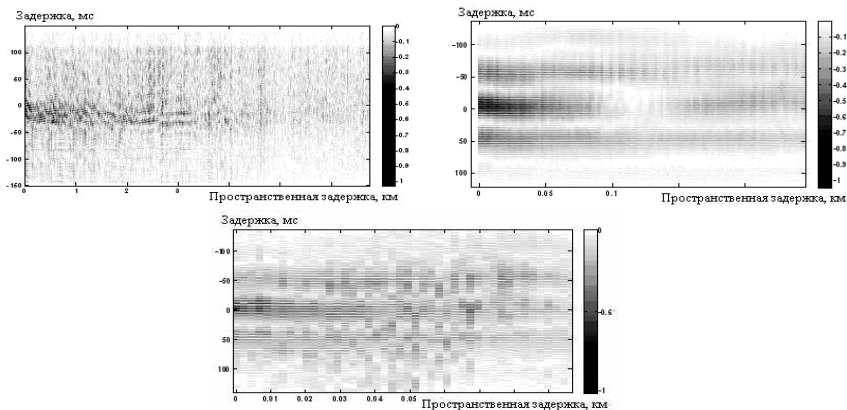


Рис. 8. Корреляционные функции реверберационной помехи (слева), отраженного от донной поверхности сигнала (по центру) и аддитивного шума (справа) в полосе частот от 150 до 250 Гц.

Авторы выражают признательность сотрудникам ИПФ РАН В.Н. Сахарову, Л.А. Рыбенкову, В.Б. Быстранову, сотруднику ИО РАН Н.Н. Дмитриевскому и ОКБ ОТ РАН за помощь в подготовке и проведении экспериментов. Работа выполнена при поддержке Программы ОФН РАН «Фундаментальные проблемы когерентной и нелинейной сейсмоакустики шельфовой зоны океана», Целевой научно-технической программы Президиума РАН «Уникальное приборостроение», РФФИ (проект № 09-02-00044), ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг. (Контракт № 02.740.11.0565) и Гранта государственной поддержки ведущих научных школ НШ-3700.2010.2.

Литература

1. Мерклин Л.Р. Основные технологические тенденции в морской сейсморазведке. В кн.: Доклады IX научной школы-семинара акад. Л.М. Бреховских «Акустика океана» и XII сессии Российского Акустического Общества, М.: ГЕОС. – 2002. – С. 351-358.
2. Лазарев В.А., Малеханов А.И., Мерклин Л.Р. и др. Экспериментальные исследования возможностей сейсмоакустического зондирования морского дна когерентными низкочастотными импульсами // В кн. Фундаментальные исследования океанов и морей. – М.: Наука. – 2009 – С. 126-138.

3. *Khobotov, A. Khilko, V. Yakhno*. Analysis of advantages of neuron-like systems in the procedure of signal comparison-measure calculation // Optical Memory & Neural Networks (Information Optics) – 2008. – №5. –

ПАЛЕОКАНАЛЫ НА ДНЕ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Амбросимов А.К.

ИОРАН, Москва, Ambrosimov@ocean.ru

В работе представлены результаты акустической съемки палеорула Волги, открытого на дне Каспийского моря. Представлены данные предварительного изучения геологического строения и гидрофизических характеристик палеоканьона.

В 2010 году в экспедиции Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН в северо-западной части Среднего Каспия было выполнено сейсмопрофилирование палеорула Волги, обнаруженного ранее на дне моря. Поперечные разрезы профиля каньона были выполнены с помощью высокоразрешающего профилографа SES-2000 с глубины моря 80 м и до выхода палеоканьона в глубоководную часть Дербентской котловины на глубине 400 м. На площадке размерами 45х5 км было выполнено 98 галсов с длинами по 5 км и с расстояниями между галсами от 200 м до 2 км (см. илл. 31-1 цв. вкладки). По данным измерений SES-2000 глубина каньона составляет от 30 до 60 м относительно дна моря и ширина от 1 до 2 км. Генеральное простираание русла наблюдается в юго-восточном направлении.

Геометрия разрезов палеорула указывает на то, что оно не заилено, промывается и является действующим. На рис. 1 в качестве примера представлен характерный поперечный разрез русла. Ширина поперечного разреза палеоканьона Волги на глубине 215 м составляет около 2 км и глубина около 40 м. Сейсмические разрезы по галсам были выполнены по направлению с северо-востока на юго-запад. На глубине моря около 400 м палеоруло широким раструбом выходит в глубоководную часть Дербентской котловины. В устье палеорула Волги прослеживается конус выноса взвешенного материала. Почти на всех записях в осадочной толще наблюдаются погребенные

каньоны в основном V-образной формы, крупные и мелкие по мощности и простираению погребенные конусы выноса. Реликтовые эрозионные врезы – погребенные каньоны на профилях, чаще всего, приурочены к современным каньонам.

Почти на всех разрезах правый (западный) борт каньона выше левого (илл. 31-1 цв. вкладки и рис. 1). При транзите наносов в виде суспензионно-мутевых потоков взвеси легкие фракции силой Кориолиса отклоняются вправо и вверх, формируя местами прирусловой вал. Погребенные каньоны маркируются неглубоким на 2 – 3 метра понижением в рельефе дна, с шириной менее 1 км. Видимая мощность заполнения каньонов достигает 50 м.

Иногда на левых склонах каньона наблюдаются аккумулятивные террасы, которые могут быть связаны с поворотом русла, когда поток наносов замедляет скорость течения у левого борта и вызывает отложение более тяжелых фракций переносимого вещества (рис. 1).

Для распределения взвеси характерны высокие концентрации в верхнем перемешанном слое, которые затем постепенно снижаются и под слоем скачка становятся незначительными. В придонном слое концентрация взвеси минимальна, что также подтверждено данными распределения мутности у дна, измеренными нефелометром. А это, в свою очередь, позволяет утверждать, что канал промывается, т.е. по дну палеоканала осуществляется интенсивный транзит придонных вод в глубоководную часть моря.

Анализ донных осадков, полученных драгированием дна каньона с помощью дночерпателя в районе постановки притопленной буйковой станции (ПБС), показал, что донные осадки - это сильно разжиженный глинистый ил серого цвета.

В 2009 году в 32-м рейсе НИС «Рифт» в каньоне палеорусла на глубине 415 м была установлена ПБС с измерителем течений «Поток-М», расположенным в 10 м от дна каньона. Глубина каньона относительно морского дна в точке постановки «Потока» составляла 30-60 м. Поднятый в 2010 году (35-й рейс НИС «Рифт») прибор показал, что течение у дна палеорусла осуществляется в направлении простираения каньона на юго-юго-запад со скоростями 10-20 см/с. Это показывает, что придонные воды, минуя транзит вдоль западного побережья Среднего Каспия, выносятся по палеоруслу в глубоководную часть Каспийского моря.

Анализ профиля течения над палеоканьоном в момент постановки ПБС 14 сентября 2009 года показал высокую вертикальную переслоенность течений. Так в верхнем однородном

слое течение было направлено на север и северо-восток со скоростями 10-20 см/с, под термоклином с глубины 50 м до 150 м скорость течения была небольшой - всего 2-3 см/с восточного направления, затем ниже с глубины 200 м течение развернулось на юг со скоростями 5-7 см/с. С глубины 250 м течение вновь изменило направление на западное, а с 300 м на юго-восточное. У дна каньона течение усилилось до 10 см/с в юго-юго-западном направлении – направлении простираения русла каньона в этой точке моря.

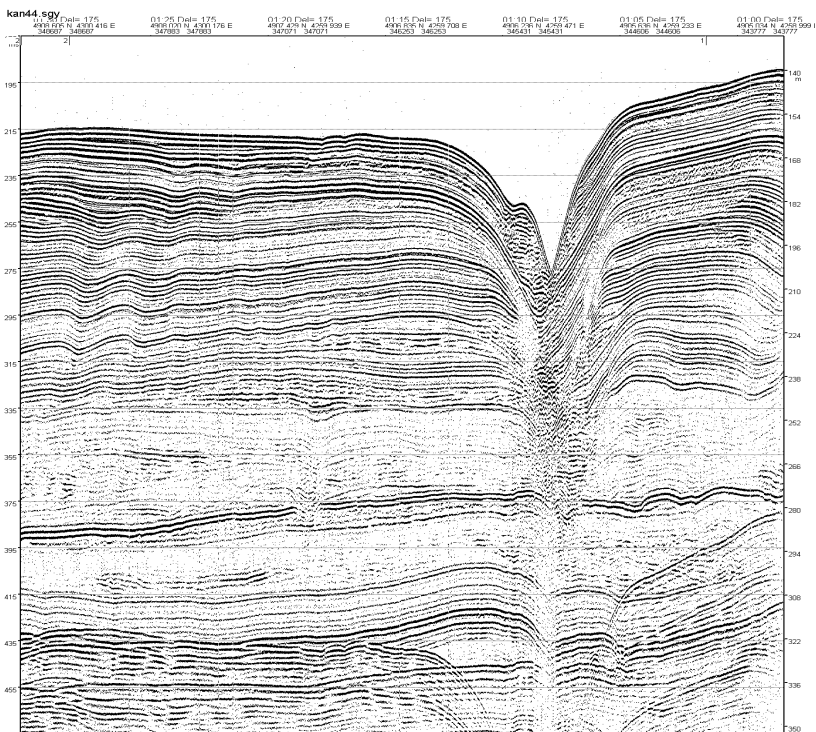


Рис. 1. Поперечный разрез палеорусла Волги на глубине 215 м с аккумулятивной террасой на восточном борту каньона.

Отличительной особенностью движения водных масс у дна каньона в течение 6-ти месяцев с сентября по март 2009-2010 гг. является его однонаправленность под углом $\sim 201^{\circ}$ со средней

скоростью 2,7 см/с, при этом максимальная изменчивость течений наблюдалась в зимний сезон, когда скорость достигала 30 см/с.

Анализ распределения гидрологических параметров температуры, солености и других гидрохимических параметров с глубиной показывает, что в палеорусле не наблюдается каких-либо значимых аномалий. Однако следует учитывать тот факт, что в летнее время (июль-сентябрь) происходит таяние снега в горах, и в море горными реками выносятся огромное количество взвешенного материала и солей. Горные реки Кавказа несут в Каспийское море очень холодные соле- и взвесенасыщенные тяжелые воды, которые по склону опускаются в глубоководную часть моря, обеспечивая вентиляцию придонных вод. Часть этих вод по подводному каньону опускается в Дербентскую впадину.

К ВОПРОСУ О ГЕНЕЗИСЕ АПВЕЛЛИНГА У ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ СРЕДНЕГО КАСПИЯ

Амбросимов А.К.

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН
Ambrosimov@ocean.ru*

В работе обсуждаются междисциплинарные наблюдения на восточном апвеллинге Среднего Каспия, выполненные в 29, 32 и 35-ом рейсах НИС «Рифт». Показано, что Песчано-мысское поднятие и Мангышлакский порог являются ответственными за поднятие холодных вод циклонического круговорота к поверхности моря.

Одной из задач при исследовании системы Каспийского моря является изучение факторов, влияющих на образование апвеллинга в восточной части Среднего Каспия, и оценка его характеристик. В отличие от западного берега восточное побережье представляет собой акваторию изрезанную многочисленными мысами и бухтами. На основе данных по гидроакустическому зондированию профиля дна сейсмопрофилографом (SES-2000) и температурному сканированию водной толщи, полученных в экспедициях НИС «Рифт» 2008-2011 гг., подводный рельеф в районе апвеллинга довольно неоднородный. Здесь отмечаются значительные неровности дна в виде валов и поднятий. От мыса Песчаный в юго-западном направлении распространяется

подводное Песчано-мысское поднятие (ПМП), которое наряду с Мангышлакским порогом, по нашим данным, является ответственным за образование апвеллинга.

Существуют различные точки зрения на образование летнего апвеллинга у восточного побережья Среднего Каспия, в основном это:

- сгон воды северо-восточными ветрами, господствующими в летний период в этом районе моря и замещение ее более глубоководными холодными водами [5];

- подъем воды сипами газов, в основном метана, поднимающимися из донных отложений над нефтегазовыми месторождениями;

- натекание вод основного циклонического круговорота Среднего Каспия на подводное поднятие у м. Песчаный, где происходит выталкивание глубоководных вод на поверхность [4].

Для уточнения характеристик изменчивости течений и температуры апвеллинга у восточного побережья Каспийского моря в 35-м рейсе НИС «Рифт» (июнь 2010 г.) было выполнено два меридиональных разреза (см. рис. 1) по 10 станций каждый с расстояниями между станциями 1.7 -1.9 км и расстоянием между разрезами ~ 11.7 км. Выбор местоположения полигона определялся исходя из предположений, что Песчано-мысское поднятие (ПМП) в значительной степени определяет структуру течений в восточном секторе Среднего Каспия.

Анализ распределений поверхностной температуры, хлорофилла и растворенной органики по разрезам показывает, что при движении водных масс по склону вверх Песчано-мысского поднятия поверхностная температура на более глубоководном разрезе растет с 21⁰ до 22⁰С, а на более мелководном падает с 22,6⁰С до 22,2⁰С. Хлорофилл на «глубоководном» разрезе уменьшается с 0,12 до 0,02, усл.ед., а на «мелководном» - концентрация хлорофилла незначительна (0,02 у.е.) и при подъеме уменьшается практически до нуля, концентрация растворенной органики на первом разрезе растет с юга на север, а на втором – практически не меняется.

В течение всего периода наблюдений регистрировались ветра северо-западных направлений (6-10 м/с), что не соответствовало утверждению о главенствующей роли северо-восточных ветров в образовании апвеллинга [5].

Анализ результатов наблюдений показал, что при подходе с южной стороны к ПМП при глубине моря около 200 м появляется вертикальная составляющая скорости течения величиной около 6 см/с, которая показывает, что воды здесь поднимаются вверх, перемещая

термоклин ближе к поверхности. Данные измерителей течений, которые были установлены на станциях 29, 39 и 38 на свале глубин Песчано-мысского поднятия (стрелки), указывают на разделение течений – одна его ветвь Песчано-мысским поднятием отводится на запад в глубоководную часть моря, а другая выдавливается на мелководную часть поднятия. При этом часть холодных вод, поднятых с глубины циклоническим круговоротом, отклоняется вправо к берегу и вдоль восточного побережья движется в противоположном направлении на юго-восток. После пересечения Песчано-мысского поднятия течение опускается в Южно-Бузачинский прогиб, после прохождения которого упирается в Мангышлакский порог, перед которым изотермы поднимаются вверх в результате подпора движущимися водами центрального круговорота, часть этих вод переваливает порог и распространяется на север, а другая - отворачивает на запад, замыкая циклонический круговорот [4]. Сканирование водной толщи, выполненное с помощью «ныряющего» зонда «Баклан», показало (рис. 2), что профили температуры, солёности по разрезу крайне возмущены и местами изолинии подняты к поверхности моря. Распределение плотности хотя имеет более сглаженный характер, однако над северным и южным склонами Южно-Бузачинского прогиба изопикны приподняты вверх, т.е. часть течения между ними отворачивает на запад и часть на восточное побережье, образуя апвеллинг.

Как показали гидрохимические и микробиологические анализы проб воды над Песчано-мысским поднятием, на некоторых станциях наблюдались повышенные концентрации метана, достигающие 1,2 мкл/л, однако такие концентрации не могут оказать реального влияния на поднятие холодных вод к поверхности. Сейсмоакустическое зондирование с помощью SES-2000 показало, что над нефтегазовым месторождением Нурсултан регистрировались метановые выходы. Однако количество обнаруженных сипов и их интенсивность носит локальный характер, что не позволяет считать их вклад определяющим в образование апвеллинга.

Анализ наблюдений на полигоне «Восточный» показал, что течение основного циклонического круговорота Среднего Каспия перед Песчано-мысским поднятием раздваивается – одна часть отворачивает на запад и замыкает круговорот, а вторая, двигаясь на север, переваливает через поднятие и затем в районе Мангышлакского порога отворачивает на запад, где в северо-западной части круговорота смыкается с ним, образуя замкнутую систему. Таким образом,

северная часть круговорота состоит из двух ветвей, более интенсивной южной и более размытой северной.

Результаты экспедиций показали, что ветер в основном влияет на поверхностное течение, и вполне возможны ситуации [1, 2, 3], когда за счет сильных ветров северо-восточных румбов могут происходить стоны поверхностной воды и замена ее на более глубоководную по типу Черноморской боры. Однако метеоданные летних сезонов не подтверждают наличие постоянных сильных ветров северо-восточных румбов в Среднем Каспии. А т.к. нет постоянных ветров, то апвеллинг должен быстро рассасываться при изменении ветра на противоположное, а этого не происходит. Апвеллинг существует в летнее время довольно стабильно, так же как и стабильно существует циклонический круговорот Среднего Каспия.

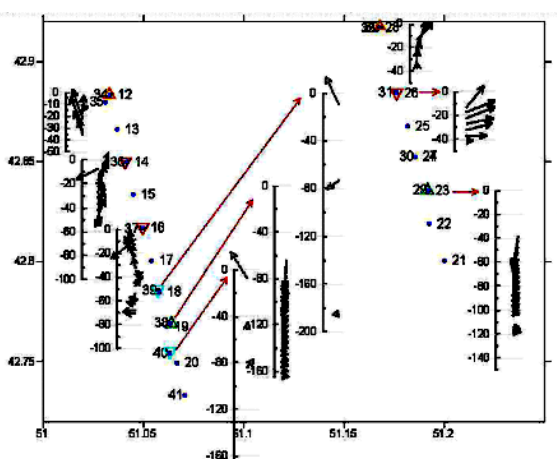


Рис. 1. Вертикальные профили течений по данным наблюдений на станциях в 35-м рейсе НИС «Рифт» в районе Песчаномысского поднятия.

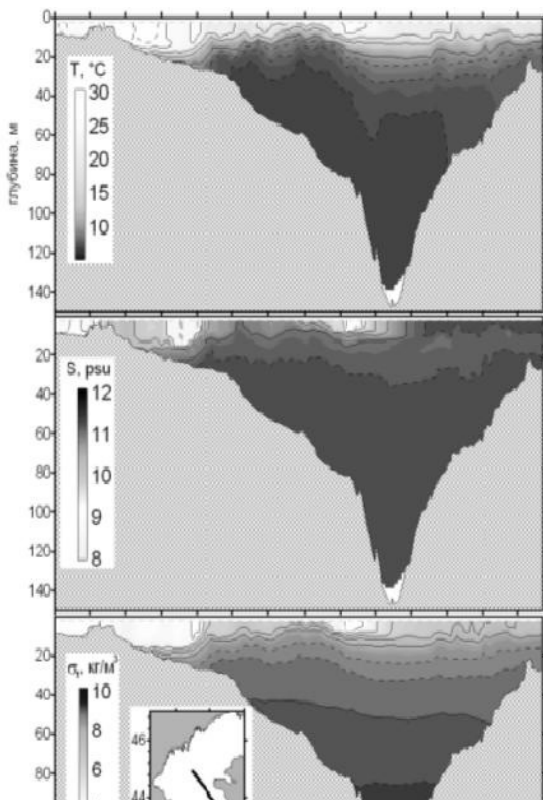


Рис. 2. Вертикальные профили температуры, солёности и плотности, по данным «ныряющего» зонда «Баклан», выполненного в 29 рейсе НИС «Рифт» вдоль восточного побережья Среднего Каспия.

Литература

1. Амбросимов А.К., Амбросимов Е.С., Либина Н.В. Динамическая структура течений в районе западного свала Дербентской котловины Каспийского моря// Инженерная физика, М., 2010, №10, с.31-46.
2. Амбросимов А.К., Корж А.О., Либина Н.В. Придонные течения Среднего Каспия // Экологические системы и приборы, М., 2010, №6, с.24-40.

3. Амбросимов А.К. Пространственно-временная изменчивость течений в юго-западной части Каспийского моря // Экологические системы и приборы, М., 2008, № 12, с.53-61.
4. Отчет 35-го рейса НИС «Рифт».
5. Косарев А.Н. Гидрология Каспийского и Аральского морей//М., Из-во. М.Ун-та., 1975, 272 с.

ПОДВОДНЫЕ ГРЯЗЕВЫЕ ВУЛКАНЫ ТАМАНСКОГО ПОЛУОСТРОВА НА ДАННЫХ ГИДРОЛОКАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Каевицер В.И., Кривцов А.П. Разманов В.М., Смольянинов И.В.,
Элбакидзе А.В.**

*Институт радиотехники и электроники им. В.А.
Котельникова РАН (Фрязинский филиал) ,
141190 Московская область, г. Фрязино, пл. Введенского 1,
тел. 8(456) 56-5-24-51, e-mail razvlnmi@ire.rssi.ru*

Examples of probable profiling of mud volcanoes around Tamansky peninsula are presented.

Редкое природное явление было зафиксировано в конце августа 2011г. в Темрюкском районе Краснодарского края. В результате извержения Голубицкого грязевого вулкана огромные пласты глины и камней поднялись примерно на 5 метров над уровнем Азовского моря, образовав целый полуостров. Полоса суши длиной 800 и шириной 50 метров появилась рядом с городским пляжем, увеличив, хотя и ненадолго, территорию РФ почти на 4 гектара.

Как наземные, так и подводные грязевые вулканы редко бывают одиночными; чаще они группируются в грязевулканические провинции разных размеров, Таманский полуостров относится к одной из них [1]. Как раз летом 2011 года в районе Таманского полуострова Институтом радиотехники и электроники РАН проводились испытания гидролокационного комплекса в составе профилографа и интерферометрического ГБО. Профилирование проводилось в прибрежной зоне с глубинами 5- 20 метров с применением когерентных ЛЧМ сигналов и с корреляционной обработкой в диапазоне 5 кГц. Глубина профилирования составляла до 30 м в зависимости от характера донных отложений. Для получения

акустических изображений поверхности и батиметрической съемки применялся интерферометрический ГБО диапазона 240 кГц.

В ходе проведенных исследований было отмечено, что наблюдались фрагменты, которые с большой долей вероятности могут быть связаны с грязевыми вулканами. Примеры таких фрагментов приведены на илл. 33-1 (цв. вкладка). Эти изображения содержат, в той или иной степени, наблюдаемые признаки грязевых вулканов - наличие кратера (или разрыв или размытие приповерхностного, сильноотражающего слоя), складчатую структуру, характерную для зон сжатия, а также проявления газонасыщенности.

Дополнительную информацию для интерпретации отмеченных явлений дают акустические изображения ГБО, показанные на илл. 33-2 и 33-3 (цв. вкладка). На илл. 33-2 (цв. вкладка) показано акустическое изображение поверхности дна, соответствующее профилограмме на верхнем фрагменте илл. 33-1 (цв. вкладка) в наклонных дальностях (справа) и выложенное на карту района как фрагмент мозаики.

На илл. 33-3 (цв. вкладка) показаны данные профилирования для второго фрагмента на илл. 33-1 (цв. вкладка) и соответствующее ему изображение ГБО. Координаты центральной части конуса на профилограмме - широта 45.152, долгота 36.622 градуса.

Из данных примеров акустических изображений можно заключить, что поверхность дна в районе вулканов имеет более неоднородный характер по сравнению с окрестностями.

Приведенные примеры наглядно показывают возможности комплексных гидролокационных систем для решения задач дистанционного геологического обследования и мониторинга морского дна, что очень важно для участков, где планируется строительство подводных сооружений.

Литература

1. Е.Ф. Шнюков, Ю.В. Соболевский, Г.И. Гнатенко и др./ Грязевые вулкан Керченско-Таманской области. Киев, 1986, 150 с.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОБООТБОР В КАСПИЙСКОМ МОРЕ, ВОЗНИКШИЕ В РЕЙСЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И СПОСОБЫ ИХ РЕШЕНИЯ.

Ракитин И.Я.

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН
Москва, Нахимовский просп., д.36,
irakitin@mail.ru*

Geological works in Caspian sea on a scientific vessel. Extraction of samples of a ground. Ground research. Technical problems and ways of their decision. It is invented effective corn extractor for work with a heavy ground.

Экспедиционные работы по теме: «Геохимический анализ кернов», полученных при отборе проб донного грунта на разведочном блоке «Н» проводились в период с 10.09.2008 по 25.10.2008 на НИС "РИФТ" в соответствии с приказом ИОРАН.

Структуры полигона «Н» расположены в южном секторе казахстанского сектора Каспия. Средняя глубина моря в пределах участка «Н» колеблется от 400м на юго-западе до 0м на востоке.

Целевой отбор проб гравитационной трубкой намечено было проводить в местах согласно каталогу координат точек наблюдения предварительной геохимической съемки.

Работы включали отбор 300 проб донного грунта.

Диаметр отбираемого керна по условиям договора не менее 90 мм, длина керна не менее 1000мм.

Выполнить эту задачу предлагалось гравитационным пробоотборником, который находился на борту судна. Длина его составляла 8000мм, диаметр керноприемника 120мм. При этих данных методика работы предусматривала вынос пробоотборника за борт и его подъем с перехватом грузоподъемными средствами, что значительно сказывается на временные затраты. Для взятия керна донного грунта с глубины моря 50 м, данным пробоотборником, требуется от 1 до 1,5 часов.

Дополнительные трудности представляли собой особые требования технического задания, в которых говорилось:

«При отборе кернов категорически запрещается использовать смазочные материалы, нефтепродукты и продукты нефтепереработки». Данный пункт обусловлен проведением геохимических работ с

последующим высокочувствительным анализом на наличие углеводородов.

Учитывая эти факторы и погодные условия осеннего периода Каспия, сопоставляя с требуемым количеством проб, становилось очевидным, что рейсовое задание представляет собой невыполнимую задачу.

Для решения этих проблем в кратчайшие сроки необходимо было изготовить облегченный гравитационный пробоотборник. Основная деталь – труба с наружным диаметром 128мм была приобретена на Астраханском судостроительном заводе. Законченный вид пробоотборник приобрел в мастерской порта, ко дню отхода судна (Рис.1).



Рис.1. Облегченный гравитационный пробоотборник калибра 112мм.

Диаметр кernoприемника 112мм соответствовал техническим условиям. Длина пробоотборника составляла 5500 мм, что позволяло выполнять спускоподъемные операции без перехвата. Это решение позволило значительно сократить трудоемкость процесса и время

пробоотбора. За 6-ти часовую смену отбиралось до 10 и более проб грунта в интервале глубин моря от 100 до 200м, что наглядно из таблицы 1.

Таблица 1.Керны, добытые за 6-ти часовую смену 27.09.2008г.

Дата	время	№ точки	широта	долгота	длина керна	глубина воды
27.09	2:37	49	43.00.03500	50.4039500	130см	139м
27.09	3:23	50	42.59.87260	50.3970440	423	137
27.09	3.55	51	42.59.86600	50.3899800	395	142
27.09	4.15	52	42.59.91300	50.38.22100	220	150
27.09	4.35	53	42.59.86200	50.37.48700	320	153
27.09	4.54	54	42.59.86900	50.36.80900	410	158
27.09	5.57	56	42.59.89200	50.35.32900	370	178
27.09	6.17	57	42.59.86300	50.34.61800	405	174
27.09	6.37	58	42.59.88100	50.33.88300	425	181
27.09	6.58	59	42.59.89600	50.33.13100	435	189

Резьбовые части трубы и съемного ударного наконечника изготовлены с зазором, что позволяло беспрепятственно разъединять эти детали без использования какой-либо смазки. В данном случае роль смазочного материала играла морская вода.

Еще одна важная проблема возникла 28 сентября при работе по отбору проб на консолидированных глинах.

Опыт предшествующих геолого-географических работ показывает, что условия для пробоотбора грунтовыми трубками в рассматриваемом районе варьируют от благоприятных до крайне неблагоприятных

Крайне неблагоприятными условиями характеризуется прибрежная полоса, где к поверхности дна выходят известняки и плотные глины сарматского возраста, перекрытые местами лишь маломощным (первые десятки сантиметров) покровом рыхлых наносов. Пробоотбор в этой полосе практически невозможен без применения вращательного бурения.

На данном участке вышли из строя все лепестковые кернорватели, предусмотренные для работы в этом районе, и восстановлению не подлежали (Рис. 2).



Рис. 2. Лестковый кернорватель поврежденный при работе на консолидированных глинах.

В течение одного дня автору данного доклада удалось разработать и создать в условиях судовой мастерской кернорвательное устройство нового образца, которое 29 сентября успешно прошло испытание в натурных условиях и стало называться «Бронебойным» за устойчивость и надежность при работе на тяжелых грунтах (Рис. 3).

Устройство успешно работало при отборе кернов, состоящих из вязких глин, илов, ракушки крупной и мелкой с включением песка, ила, иногда осколков консолидированных пород и известковых корок.

Кернорвательное устройство представляет собой кольцо с внутренним диаметром 112 мм, (в нашем случае для трубы с наружным диаметром 128 мм) с кольцевой проточкой, в которой размещены крепления трех сегментов, качающихся на осях диаметром 4 мм.



Рис. 3. Опытный образец kernорвательного устройства для работы с тяжелыми грунтами.

Сегменты выполнены из легированной стали толщиной 1 мм и расположены на осях 120 градусов к центру кольца. Нижняя часть сегментов имеет изгиб радиусом 56 мм, плотно прилегает к внутренней стенке трубы и не препятствует входу керна. Верхняя часть сегментов изогнута под углом 15 градусов к вертикальной оси для внедрения сегментов в тело керна и отрыва его от целика в начальный момент подъема трубы.

Всего было изготовлено два kernорвательных устройства, которые эксплуатировались до окончания работ, требуя при этом лишь незначительного ремонта.

Основные выводы:

Перед началом рейса был создан облегченный гравитационный пробоотборник. В сравнении с пробоотборником, применявшимся ранее - диаметром 138, калибром 120 мм, длиной 8 м, данный пробоотборник значительно улучшил количественные и качественные показатели.

Применение облегченного и укороченного варианта пробоотборника позволило изменить методику пробоотбора и организовать стабильную круглосуточную работу по графику 6 часов

работы, 6 часов отдыха, что также позволило выполнить рейсовое задание раньше намеченного срока и получить экономию ресурсов машины, оборудования горюче-смазочных материалов и т.д.

В рейсе было создано и внедрено в практику (Акт внедрения устройства от 29.09.2008г) кернорвательное устройство нового образца преимущественно для отбора вязких грунтов.

В период с 28.09 по 12.10. кернорвательное устройство успешно прошло испытания на тяжелых грунтах различной вязкости, песках, мелкой и крупной ракушке, иногда с фрагментами известковых корок.

За время работы по пробоотбору, в период с 24.09 по 12.10. 08 г. было совершено 520 сбросов гравитационной трубки, из них 312 зачетных, т.е. принятых к геохимическому анализу кернов.

Таких результатов в практике работы с гравитационными пробоотборниками ранее в ИОРАН не отмечалось.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ГЛУБОКОВОДНЫХ МЕТАНОВЫХ ПУЗЫРЕЙ В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ АППАРАТАМИ «МИР» С ПОМОЩЬЮ ЛОВУШЕК

Егоров А.В., Рожков А.Н., Сагалевич А.М., Черняев Е.С.

*Институт океанологии им П.П. Ширинова РАН,
117997, Москва, Нахимовский проспект д. 36,
тел: (499) 1245996, факс: (499) 1245983,
E-mail: avegorov@ocean.ru*

Bubbles escaping the seabed of Lake Baikal were caught by a trap, which was an inverted glass. Not any gas hydrate formation was observed at the depth of 404 m. At more high depths entering in the trap bubbles became covered by a gas hydrate envelope and then collapsed into a gas hydrate powder (860 m) or formed solid hydrate foam (1400 m).

Работа предпринята с целью изучения закономерностей образования твёрдых гидратов из глубоководных метановых пузырей на различных глубинах в зоне стабильности газовых гидратов (ЗСГГ).

Эксперименты с глубоководными метановыми пузырями проведены в ходе экспедиции РАН «Миры на Байкале. 2008-2010». На озере Байкал придонные массы воды имеют низкую температуру и находятся под высоким гидростатическим давлением благодаря

большой глубине озера. В ряде глубоководных мест на дне озера Байкал имеются источники выхода метана из осадка в гидросферу в виде пузырей. Таким образом, на Байкале существуют условия для перехода газа в твёрдое гидратное состояние, что было использовано для изучения возможного превращения метановых пузырей в твёрдые гидратные структуры.

Для сбора газа была изготовлена специальная ловушка, далее обозначаемая «Воронка», - см. илл. 35-1 – 35-3 (цв. вкладка). Ловушка представляла собой перевернутый стакан, в который вставлена воронка. Основное назначение ловушки «Воронка» - отбор образцов газа в пузырях, всплывающих с поверхности осадков для последующего анализа газа в лаборатории. В представляемых исследованиях ловушка «Воронка» использовалась для наблюдений за процессами, происходящими с отобранными пузырями. При помощи манипулятора аппарата «Мир» ловушка располагалась около дна так, чтобы поток пузырей со дна озера мог попадать в ловушку.

404 МЕТРА. Метановые пузыри с глубины 404 м изучались на полигоне «Голоустное», расположенного недалеко от селения Большое Голоустное, что в 50 километров северо-восточнее истока Ангары. Дата погружения - 3 июля 2010 г. Координаты точки наблюдений - 51°58.42 с.ш., 105°20.99 в.д. Температура воды на дне около 4 °С. Верхняя граница ЗСГГ на Байкале проходит на глубине 360-380 метров. Поэтому термобарические условия на дне с минимальным запасом глубины отвечают критерию устойчивости метановых гидратов. На полигоне наблюдался активный естественный выход метановых пузырей. Наблюдения за отбором пузырей при помощи ловушки «Воронка» (илл. 35-1 цв. вкладки) не выявили отклонения от поведения обычных пузырей в обычной воде. Ловушка постепенно наполнялась газом, вытесняя воду. Никаких следов образования твёрдых гидратов не обнаружено. Таким образом, наблюдения продемонстрировали невозможность или существенное замедление образования газовых гидратов из газа пузырьков в ЗСГГ, если термобарические условия достаточно близки к критическим.

860 МЕТРОВ. Эксперименты с метановыми пузырями на глубине 860 метров проведены в районе мыса «Горевой Утёс» в точке с координатами 53°18.35 с.ш., 108°23.57 в.д. 19 августа 2009 г. Глубина дна здесь составляет 864 м, температура воды на дне +3.5 °С, т.е. термобарические условия на дне заведомо отвечают устойчивости метановых гидратов.

Установлено, что попав в ловушку, пузырь в течение нескольких минут сохранялся в первоначальном виде, теряя

прозрачность и становясь матовым. Происходило формирование твёрдой гидратной оболочки пузыря. Спустя несколько минут затвердевший пузырь разрушался на более мелкие гидратные фрагменты. Последовательные разрушения пузырей формировали таким образом белую сыпучую среду – порошок гидратных частиц разного размера (илл. 35-2 цв. вкладки). Обладая положительной плавучестью, образовавшаяся сыпучая среда скапливалась в верхней части ловушки. При покачивании ловушки сыпучая среда свободно пересыпалась из одного края ловушки в другой.

В процессе нахождения на глубине 860 метров и последующего всплытия до глубины 387 метров изменений в сформировавшихся сыпучих гидратных структурах замечено не было. Это свидетельствует об отсутствии газовой фазы внутри структуры и полном превращении исходного метанового пузыря в гидрат. При всплытии выше глубины 387 метров, т.е. за границей ЗСГГ, гидратная сыпучая среда разлагалась, превращаясь в газ метан, который заполнял ловушку.

1400 МЕТРОВ. Исследования пузырей метана на глубине 1400 метров проведены летом 2010 года на глубоководном грязевом вулкане «Санкт-Петербург», координаты которого 53°52.97 с.ш., 107°09.99 в.д. Попадая в ловушку, пузыри не коалесцировали друг с другом (как на глубине 404 метра), не разрушались (как на глубине 860 метров), а формировали твёрдую пену (илл. 35-3 цв. вкладки), которая оставалась устойчивой в течение всего времени погружения. Формирование пены однозначно свидетельствует о формировании гидратной оболочки на поверхности пузыря.

При покачивании ловушки пена не деформировалась, оставаясь в одном и том же положении в ловушке. Сильным покачиванием можно было добиться отрыва всей пены от стенок ловушки, но только в форме цельного куска. Однако при возврате куска в исходное положение он с течением времени опять прикреплялся к стенкам ловушки и лишь сильными покачиваниями мог быть оторван от стенок ловушки вновь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. В ходе глубоководных погружений установлено, что в зависимости от глубины метановые пузыри могут трансформироваться в сыпучую гидратную среду, или формировать твёрдую гидратную пену, или оставаться обычными пузырями газа в воде. Обнаруженные фазовые превращения, происходящие с метановыми пузырями, в состоянии оказывать существенное влияние на эксплуатацию глубоководных сооружений. Знания о механике фазовых трансформаций глубоководных метановых пузырей имеют решающее значение для оптимального и безопасного выбора той или

иной технологии при проведении глубоководных работ в водах Мирового океана.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 21, Подпрограммы «Исследование природы Мирового океана» ФЦП «Мировой океан» (проект 11/0013) и Фонда содействия сохранению озера Байкал.

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА НА АНАЛИЗ ПРИЧИН РАЗМЫВОВ ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ ТРУБОПРОВОДОВ

Бриллиантов А.Н., Глотко А.В., Жуков Г.Д., Каргаполова И.Н.

ООО «ЭКОНГинжиниринг»

Ген. директор Бриллиантов Александр Николаевич.

Телефон 8-926-9101023

e-mail: mail@econg.ru, econg@mail.ru, www.econg.ru

В статье описана технология сбора первичных полевых данных с применением приборных комплексов для проведения диагностики ПП МТ, методы и опыт обработки этих данных и построение цифровой модели рельефа для анализа русловых процессов на основе численного моделирования.

При диагностике подводных переходов магистральных трубопроводов (далее ПП МТ) наиболее частые неисправности и аварии связаны с размывами трубопроводов из-за деформации русла и разрушения берегов, вызванных русловой эрозией, абразией и оползнями. Перечисленные процессы и явления относятся к опасным и должны подлежать периодическому наблюдению.

Предпроектные изыскания, произведенные в недостаточном качестве или объеме, являются причиной неправильного прогноза развития деформаций на ближайшие десятилетия. В результате недооценки опасности развития русловых процессов аварийные ситуации на ПП МТ возникают уже через несколько лет после введения в эксплуатацию.

В прошлые годы в нефтегазовом комплексе диагностика технического состояния ПП МТ сводилась к фиксации мест оголений и провисов трубопроводов. Участки размывов оперативно

ремонтировались, в основном отсыпками или укладкой грунтозаполненных контейнеров, а через несколько лет они снова обнаруживались в этом же месте или на соседних участках. Причиной многократных повторяющихся ремонтов стало то, что при диагностике не проводились работы по исследованию природных факторов, которые вызывают неблагоприятные для зоны подводных переходов деформации русла.

По этой причине в последние годы в ОАО «Газпром» нашей компанией в составе диагностики были внедрены работы по мониторингу русловых процессов на подводных переходах, подверженных размывам. В основу производства работ легли действующие общегосударственные нормативные документы, современные методы исследования и научный подход к анализу морфологии и динамики русел рек.

При мониторинге русловых процессов проводится сбор гидрологических, геологических, геоморфологических и антропогенных данных и устанавливается степень их влияния на зону ПП МТ. Сопоставляются данные крупномасштабных съемок русла и поймы за максимально доступный период времени, с помощью которого определяются скорости вертикальных и горизонтальных деформаций русла реки, размыва и аккумуляции поймы, смещения русловых форм. По архивным материалам технического обслуживания ПП МТ проводится оценка воздействия капитальных ремонтов на развитие русловых процессов.

Совместный анализ систематизированных данных о местоположении и величине оголенных или провисающих участков с многолетними колебаниями среднегодовых и максимальных расходов воды позволяет установить взаимосвязь возникновения размыва на подводном переходе с интенсивностью половодья.

Работа по мониторингу русловых процессов на ПП МТ требует качественного и ответственного подхода к проведению инженерных изысканий уже на стадии составления программы производства работ. Объемы русловых съемок назначаются в зависимости от типа водного объекта и охватывают протяженные участки, т.к. назначаются в зависимости от размеров русловых форм, которые оказывают влияние на переформирование русла в зоне технического коридора ПП МТ. На рис. 1 приведено трехмерное изображение 22-х километрового участка обследования р. Обь, который проводился для оценки русловых деформаций в зоне ПП МТ.

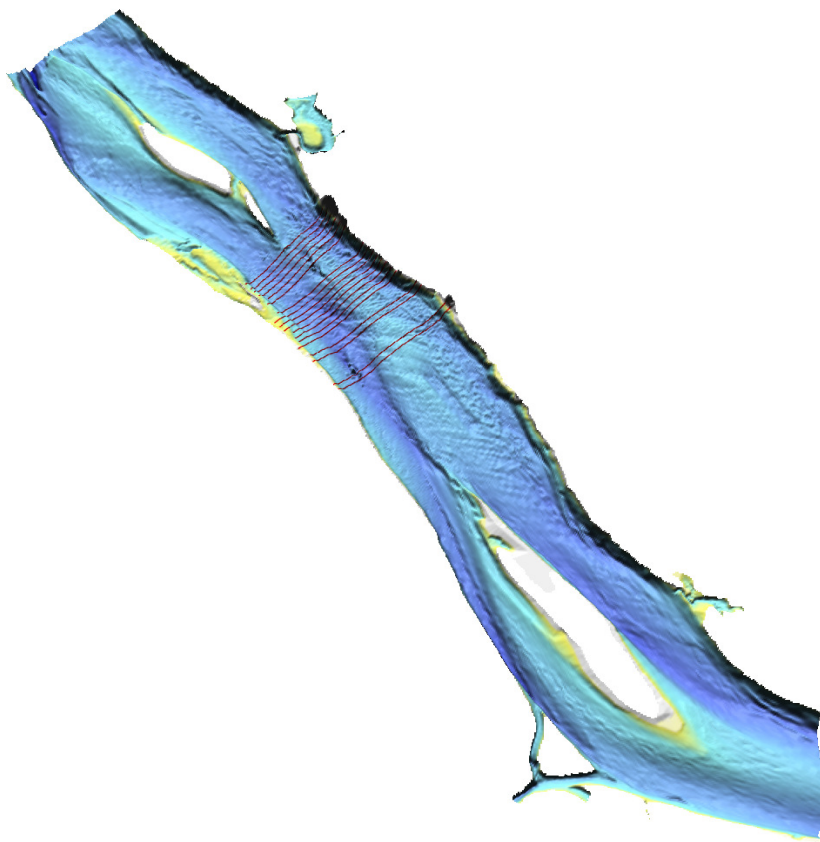


Рис. 1. Трехмерное изображение русла р. Обь

Появление современных средств измерений и программных продуктов позволило повысить качество и объемы инженерных изысканий, сократив временные затраты на производство полевых работ.

Современная технология производства камеральной обработки и анализа требует использование единой цифровой модели рельефа (далее ЦМР) на всех стадиях технологической цепочки. На основе трехмерной модели рельефа, полученной по результатам инженерно-геодезических изысканий проводится привязка с

ортотрансформированием спутниковых снимков, построение инженерно-гидрографических планов и продольных профилей по трубам.

При обработке гидрологической информации ЦМР используется для построения поперечных профилей русла в гидрометрических створах и получении интегральным способом площади поперечного сечения для дальнейших расчетов зависимости расходов воды от уровня.

По построенному рельефу водного объекта проводится гидролого-морфологический анализ русла, оценка вертикальных и горизонтальных деформаций, прогноз размывов с помощью численного моделирования.

Численная модель, используемая для расчетов, очень чувствительна к ошибкам в рельефе, и оказалось, что увеличение объемов полевых работ, введение многоуровневой проверки полученных данных для организации обходится дешевле, нежели внесение исправлений во время моделирования, которые заведомо не гарантируют достоверный результат прогноза.

ЦМР водных объектов может быть построена тремя способами, имеющими свои особенности обработки исходной информации (рис. 2): оцифровкой горизонталей с плана, на основе массива точек, полученных по результатам съемки с однолучевого и многолучевого эхолотов. Существуют четыре основные проблемы, с которыми приходится сталкиваться при камеральной обработке геодезических данных.

Первая и вторая – количество и взаимное положение исходных точек, которые характеризуют недостаток (избыток) и неравномерность распространения точек. Третья проблема связана с областью данных, в пределах которой собираются точки, т.к. по ее краям происходит искажение по высоте. В результате геодезическую съемку водотока или водоема необходимо производить с запасом, в зависимости от размера объекта. Чаще всего достаточно расширение на 5-10% в каждую сторону для обеспечения хороших результатов, но при этом следует учитывать и сложность поверхности. Перечисленные проблемы возможно решить уже на стадии составления программы производства работ. Четвертая проблема – это проблема «седловой» точки или альтернативного выбора, решается в настоящее время программным способом в полуавтоматическом режиме.

На илл. 36-2 (цв. вкладка) слева изображение демонстрирует пример получения оцифрованных горизонталей. Здесь необходимо отметить, что планы, с которых восстанавливается рельеф, являются

вторичными материалами и уже содержат погрешность, в зависимости от масштаба отрисовки горизонталей. В то же время, чем «старше» план, тем меньше эта погрешность оказывает влияние на анализ. В действующих нормативах рекомендуется привлекать материалы за временной промежуток не менее 5-7 лет. Этот период может варьироваться в зависимости от интенсивности русловых процессов, увеличиваясь на десятки лет для крупных рек и уменьшаясь до одного года для полугорных.

При промерных работах, выполненных однолучевым эхолотом (илл. 36-2 (цв. вкладка) середина), получается массив точек, сосредоточенных вдоль промерных галсов. Такая неравномерность приводит к возникновению ошибок при построении поверхности интерполированием, что особенно актуально для больших рек, где частота галсов значительно сказывается на объеме работ. Это может исказить картину развития русловых процессов и требует предварительного анализа и корректировки.

Использование современных многолучевых эхолотов (илл. 36-2 (цв. вкладка), правый), таких как, SWATHplus, разработанный в SEA (Великобритания), позволяет получить равномерный массив точек рельефа и качественное изображение дна после обработки материалов съемки и устранения ошибок, полученных в результате колебания судна.

На рис. 3 и 4 приведены планы размыва-аккумуляции на 12-ти километровом участке р. Обь полученные с оцифрованного плана 1992 года и по результатам съемки однолучевым эхолотом 2006-2010 гг. Интервал времени между съемками на рис. 3 составляет 18 лет и хорошо демонстрирует естественные тенденции руслового процесса. Короткие интервалы – в 1-2 года, приведенные на рис. 4, позволяют получить скорость смещения крупных гряд, представляющих опасность для трубопроводов, в зависимости от интенсивности продолжительности половодья, а также оценить степень влияния на общий русловой процесс ремонтных работ на подводном переходе, установить участки карьеров, расположившихся вблизи переходов, и определить объем отобранного грунта.

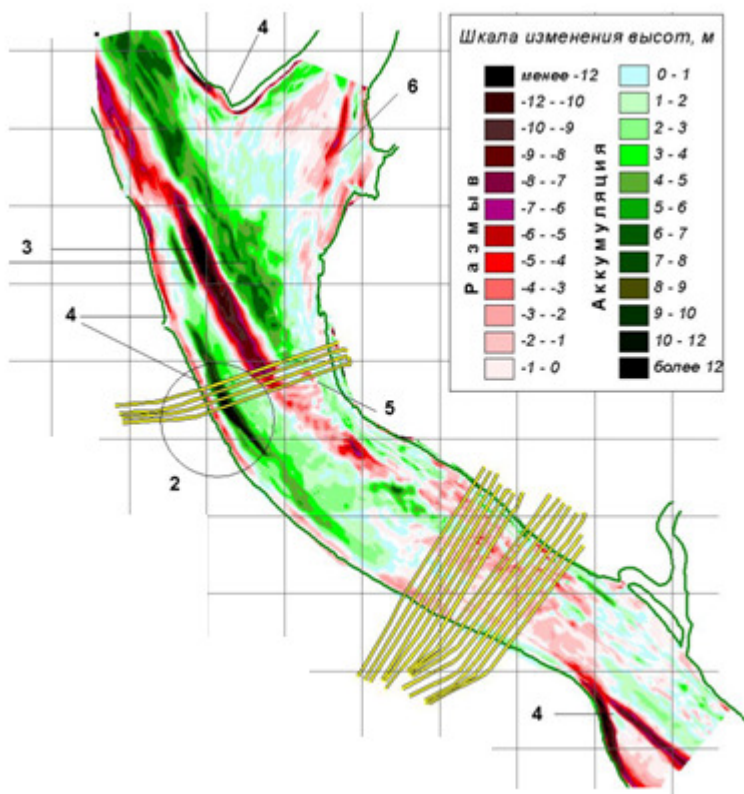


Рис. 3. План размыва-аккумуляции р. Обь за период 1992-2010 гг.: 2 – засыпка ложбины; 3 – перемещение плесовой ложины; 4 – размывы береговых склонов; 5 – смещение зоны минимальных отметок ниже по течению; 6 - срезка правого склона осередка

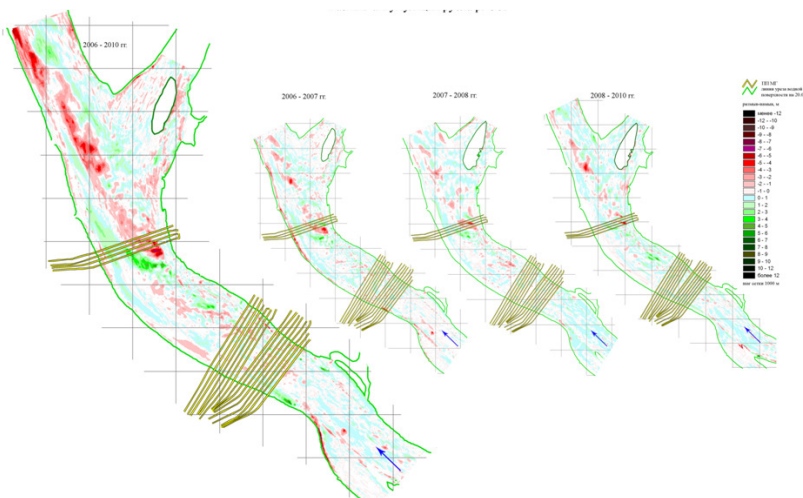


Рис. 4. Планы размыва-аккумуляции р. Обь за период 2006-2010 гг.

Мониторинг русловых процессов, проводимый нашей компанией на объектах ОАО «Газпром», выявил одну из существенных проблем. Дело в том, что при вводе в эксплуатацию ПП МТ, ширина его зоны ответственности назначается без учета влияния на него руслового процесса. Это приводит к тому, что проводимые за ее пределами работы, имеющие вроде бы на это вполне законные разрешения, выданные соответствующими организациями, могут приводить к негативным последствиям.

К таким работам относятся карьерные разработки под видом дноуглубительных работ для улучшения судоходства, разрешения на которые выдаются Бассейновыми управлениями и не требуют согласования, а также прокладываемые рядом подводные переходы, строящиеся мостовые переходы и т.п.

Ярким примером служит технический коридор ПП МТ через р. Обь, строительство которого внесло значительные изменения в развитие руслового процесса, т.к. в результате прокладки подводных переходов по течению был срезан осередок, и поток воды переменял на этом участке направление (илл. 36-5 цв. вкладки). Результатом стало изменение режима перемещения русловых форм на протяженном участке. Отложившиеся наносы в левом рукаве ниже расположенного острова спровоцировали «наращивание»

левобережного побочия в зоне технического коридора ПП МТ. Оставшееся после строительства в центральной части русла возвышение над трубами – «центральная отмель» - стало перемещаться в сторону правого берега, в результате чего появились оголения на его склоне.

Ситуация усугубилась в связи со строительством выше по течению двух ниток нефтепроводов, в результате которого резко увеличился в размерах левобережный побочень, и отмель стала еще интенсивнее перемещаться в сторону правого берега, обнажая трубопроводы.

Было принято решение провести капитальный ремонт, включающий в себя укладку грунтозаполненных контейнеров на оголенные участки, срезку левобережного побочия, с отсыпкой грунта на правой части отмели, работы по которому были закончены в 2009 году. По окончании работ был проведен двухгодичный мониторинг русловых процессов, в составе которого производился прогноз развития деформаций дна над прорезями при помощи численного моделирования на программном комплексе российской разработки FLOOD (НИИЭС), в основе которого заложены двумерные уравнения Сен-Венана, уравнение переноса частиц наносов и уравнение деформаций дна. Сопоставление результатов моделирования с рельефом дна по съемке, сделанной через год, показало совпадение спрогнозированного и реального направления смещения крупных гряд, которые являются основной угрозой для газопроводов (рис. 6)

В заключении хотелось бы отметить, что появившиеся в настоящее время современные технологии позволяют более качественно производить анализ русловых процессов. А накопленный практический опыт проведения данного вида работы показал необходимость доработки некоторых нормативных и методических документов, изданных в нефтегазовом хозяйстве. Следует также внести изменения в некоторые нормативно-правовые акты, которые отвечают за выдачу разрешений производства работ вблизи подводных переходов. Любые работы на водных объектах должны включать оценку воздействия русловых процессов на соседние сооружения и степень опасности в результате проводимых изменений.

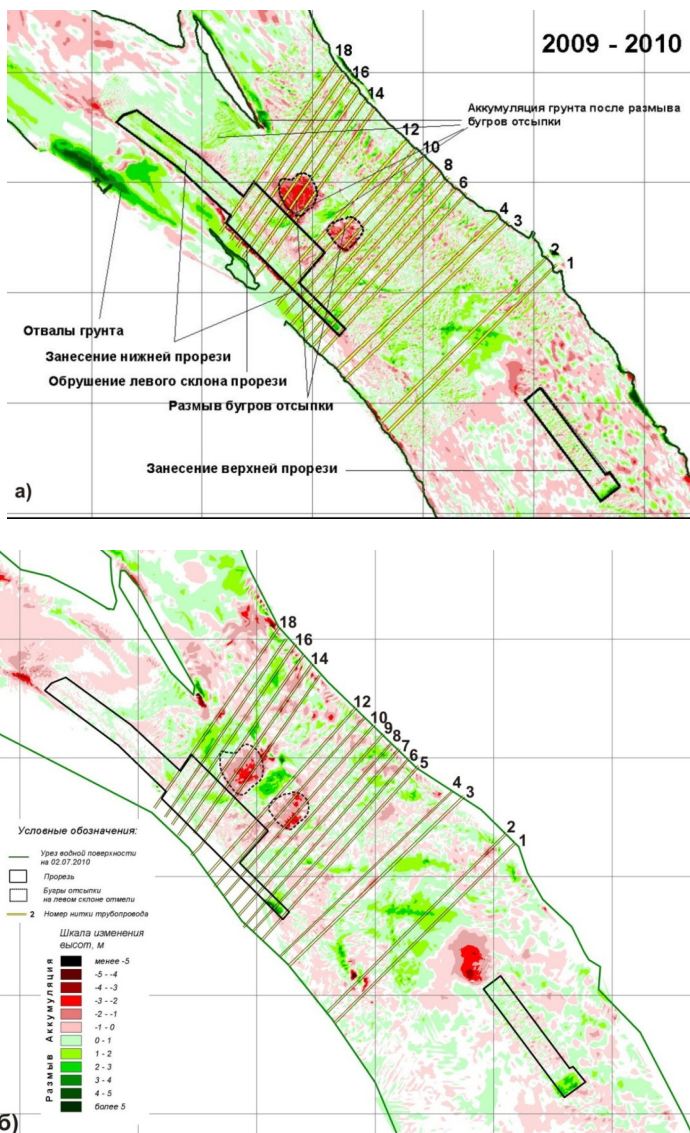


Рис. 6. План размыва-аккумуляции: а) по результатам разницы поверхностей 2009-2019; б) по результатам численного моделирования.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ ДАТЧИКОВ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Афанасьев М.С.

*Учреждение Российской академии наук Институт
радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова,
г. Москва, ул. Моховая, 11, корп.7, т. (494) 3653058.С.*

Разработка перспективных морских магнитометрических средств предполагает применение сверхвысокочувствительных датчиков магнитных полей (ДМП), позволяющих на максимальном расстоянии обнаружить подводный объект.

При этом необходимо учитывать требования не только к чувствительности, но и всей совокупности параметров магнитометрической аппаратуры: динамическому частотному диапазону, быстродействию, помехозащищенности и энергопотреблению.

Прогресс в развитии ДМП в значительной степени зависит от разработки новых технологий наноразмерных тонкопленочных материалов.

Среди них необходимо выделить сложные оксиды, в частности, ферроэлектрики (пьезо- и сегнетоэлектрики), а также высокотемпературные сверхпроводники (ВТСП), позволяющие создавать датчики рекордной чувствительности.

1. ДМП на основе пьезоэлектрических материалов.

ДМП на основе пьезоэлектрических материалов представляют собой наноструктуру из пленок пьезоэлектрического материала (сегнетоэлектрика) и феррита, обладающего магнитострикционными (МС) свойствами.

Одним из наиболее перспективных методов получения пленок сегнетоэлектрика является высокочастотное (ВЧ) распыление в плазме кислорода многокомпонентных металлооксидных соединений поликристаллической мишени. При этом камера напыления представляет собой цилиндр из нержавеющей стали, в основании которого закреплен внешний ВЧ электрод.

Конструкция такой установки представлена на рис.1.

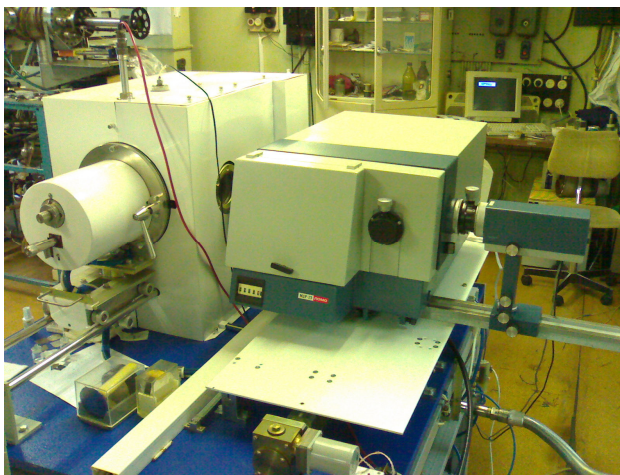
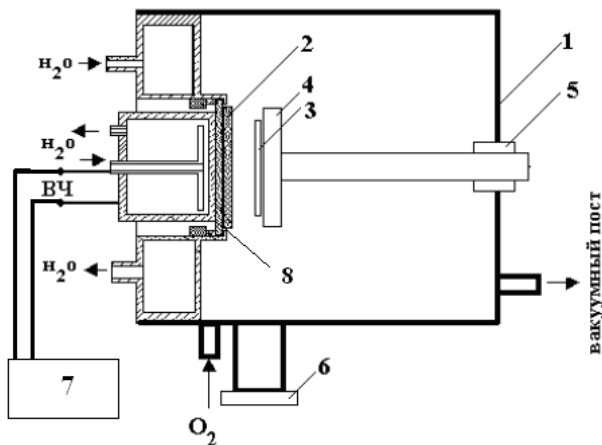


Рис. 1. Схема и фотография экспериментальной установки для напыления сегнетоэлектрических пленок.

1 - камера; 2 - поликристаллическая сегнетоэлектрическая мишень; 3 - подложка; 4 - керамический нагреватель; 5 - вакуумное уплотнение; 6 - окно для визуализации процесса напыления; 7 - блок питания ВЧ катода; 8 - диэлектрическое окно.

В таблице 1 приведены параметры ДМП, полученные на основе гетероструктуры $\text{Ba}_0,2\text{Sr}_0,8\text{TiO}_3/\text{Co}_0,6\text{Zn}_0,4\text{Fe}_2\text{O}_4$.

Таблица 1. Основные параметры ДМП на гетероструктурах ПЭ/МС.

Наименование параметра	Значение параметра
Диапазон частот переменных магнитных полей, Гц	10-2...103,
Пороговая чувствительность, Тл	10-10,
Постоянная времени, с	10-6
Диапазон рабочих температур, 0С	± 100
Габаритные размеры, мм	5,0x5,0x0,5
Вес, г	5,0

Технология изготовления магнитоэлектрических ДМП на основе наноразмерных гетероструктур сложных оксидов пьезоэлектрических и магнитострикционных материалов позволяет создавать неохлаждаемые ММС, имеющие ограничения по энергопотреблению и массогабаритным характеристикам для перспективных морских магнитометрических средств.

2. ДМП на основе ВТСП материалов.

ВТСП пленки получены методом лазерной абляции в атмосфере кислорода на изоструктурных подложках галлата неодима толщиной от 100 нм до 500 нм, состава $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$, обладающих высокотемпературной сверхпроводимостью (ВТСП) при температуре 90К.

В таблице 2 приведены параметры квантового интерференционного измерителя магнитного поля (СКВИД) на высокотемпературных сверхпроводниковых (ВТСП) пленочных структурах $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$.

Таблица 2. Параметры ДМП на ВТСП СКВИДе.

Наименование параметра	Значение параметра
Диапазон частот переменных магнитных полей (Гц)	10-3...103
Пороговая чувствительность (Тл)	10-14
Постоянная времени (с)	10-6...10-7
Рабочие температуры СКВИД детектора (К)	77- 90
Габаритные размеры (мм)	5,0x5,0x0,5

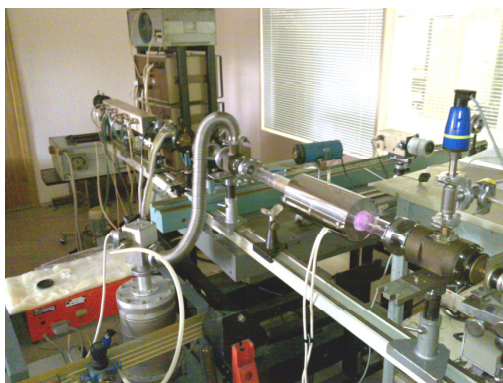
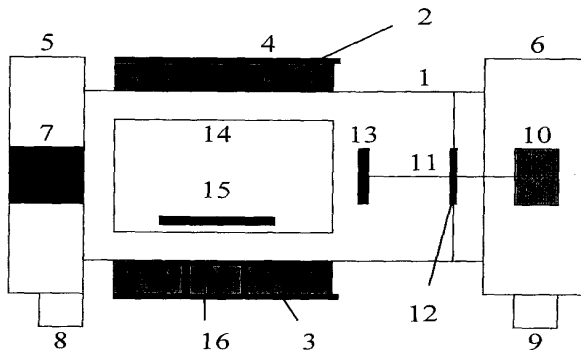


Рис. 2. Схема и фотография установки для напыления ВТСП пленок методом лазерной абляции.

1 - кварцевая труба; 2 - спиральный нагреватель; 3 - тепловая изоляция; 4 - кварцевый экран; 5 - вакуумированный фланец с оптическим окном 7; 6 - вакуумный фланец; 8 - штуцер для напуска кислорода; 9 - штуцер для откачки кристаллизационной камеры; 10 - электродвигатель; 11 - вал; 12 - подшипник; 13 - поликристаллическая мишень ВТСП; 14 - кварцевая труба для размещения подложек; 15 - подложка; 16 - отверстие для установки термопар температурного программатора.

ПРИМЕНЕНИЕ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Снегирев В.П.

*Открытое акционерное общество «Научно
исследовательский институт технической физики и
автоматизации» (ОАО "НИИТФА")*

*115230, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 46.
телефон: (495) 730-80-10. Факс: (499) 611-53-44.*

www.niitfa.ru

The possibility of using nuclear methods in conducting underwater exploration. Technological development and advanced radiation technology, allow to develop analytical hardware and technical means for finding and evaluating resources on the continental shelf and the seabed.

Основным направлением государственной программы Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов», утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 11 ноября 2010 г. № 1950-р, определено обеспечение геологической изученности континентального шельфа Российской Федерации и получение геологической информации.

Однако радиационные технологии до настоящего времени не применяются при проведении геофизических работ по поиску, разведке и оценке ресурсов континентального шельфа и дна Мирового океана, связанных с рудными образованиями ГПС, КМК, ЖМК.

Вместе с тем, радиационные технологии находят широкое применение в геологической отрасли, в т.ч. при проведении полевых геологоразведочных работ, каротаже, радиометрическом опробовании горных выработок, а также при проведении аналитических исследований элементного состава геологических проб и образцов руд.

Проводимые в течение 30 лет во ВНИИРТ - ОАО «НИИТФА» исследования в области изучения сложного по составу минерального сырья носили и носят прикладной характер и направлены на создание современных методик, приборов и комплексов аппаратуры, основанных на ядерно-физических методах.

Положительный пример надежности радиационных технологий, разработанных институтом, следует отнести 25-летний период безотказной работы гамма-активационного комплекса типа «Арктика»

аналитической лаборатории ОАО "Янагеология" (пос. Батагай, Республика Саха). Комплекс позволяет проводить массовый, многоэлементный анализ геологических проб массой до 50 гр. с пределом обнаружения от 0,1 до 0,0005% (III категория НСАМ). С момента пуска комплекса произведено свыше 480000 анализов геологических проб с более чем 30-ти месторождений: Кючюс, Прогноз, Аркачан, Вьюн и др. [2]. Кроме того, работа гамма-активационного комплекса аналогичного типа в Северо-Восточном геологическом управлении (г. Магадан), продолжает оказывать геологам неоценимую помощь в определении многоэлементного состава геологических проб.

Практическая ценность научной деятельности института заключается в создании и развитии научно-методической базы для организации промышленного выпуска аппаратуры нового типа – автоматизированных многоэлементных рентгенофлуоресцентных анализаторов и широкого внедрения этих приборов в аналитических службах и лабораториях как геологических, так и горнодобывающих и горно-перерабатывающих предприятиях. Ранее, на ряде рудников горнообогатительных комбинатов (Дукатский ГОК, Ловозерский ГОК, Маднеуральский ГОК, Певекский ГОК и др.) были внедрены рентгенорадиометрические анализаторы. С их помощью определялся элементный состав исходных руд и состав промежуточных продуктов технологической переработки руды, а также концентраты.

Таким образом, определение элементного состава образцов технологической цепочки руда – концентраты, является одной из основных областей применения рентгенорадиометрических анализаторов. При этом многоэлементный анализ стал реально возможным только при создании образцов промышленной аппаратуры с использованием современных полупроводниковых детекторов. Успешное внедрение выпускаемой институтом аппаратуры во многом было обусловлено созданием высокоэффективных и помехоустойчивых методик анализа, защищенных авторскими свидетельствами.

Простота, малые габариты и сравнительно невысокая стоимость технических средств, на основе радионуклидных источников и рентгеновских трубок, в сочетании с высокой чувствительностью датчиков, позволяют эффективно использовать радиационные технологии для многоэлементного экспрессного анализа образцов рудных образований, как в твердой, так и в жидкой фазе.

Возросшие в середине 90-х годов требования к оперативности получения результатов анализов при геологоразведочных работах

определили в качестве приоритетного - направление по созданию портативных мобильных (носимых) анализаторов образцов руд. Для этого необходимо было разработать малогабаритные детектирующие системы и портативные спектрометры, что и было реализовано на практике. Для мобильных анализаторов разработаны портативные спектрометры, также была разработана компактная схема предусилителя, блока обработки и блока накопления спектрометрической информации с питанием, как от аккумуляторных батарей, так и от сети переменного тока, что позволяет применять аппаратуру при любых условиях, в том числе и судовых (бортовых) лабораториях научно-исследовательских судов.

По параметрам быстродействия и экспрессности, разработанные институтом мобильные спектрометрические системы не уступают в точности лучшим стационарным спектрометрам, в т.ч. и иностранным.

Наличие малогабаритного детектора, портативного спектрометра, оригинальной рентгенооптической системы с использованием капсулированных изотопных источников и специализированного программного обеспечения позволило разработать и провести сертификацию рентгенорадиометрических приборов. По предложениям потребителей доработан широко используемый прибор типа ПРИМ-1 на основе применения нового типа полупроводниковых Si-pin детекторов и быстродействующих спектрометров. Разработанные институтом мобильные приборы позволяют идентифицировать 52 элемента от 13 (Al) до 92 (U) с точностью до десятых долей процента, что значительно превышает показатели лучших зарубежных приборов аналогичного класса, стоимость которых в 3 раза выше.

В целях обеспечения радиационной безопасности потребителей аналитической продукции и дальнейшего развития радиационной техники является создание и освоение производства аппаратуры с использованием в качестве источника возбуждения рентгеновских трубок типа БХ9, БХ10 и др. вместо радионуклидных источников.

Впервые в мире такие элементы, как Mg, Al, Si, S, P, Cl, определялись без использования вакуумных систем и продувки инертными газами (гелием). Новые комплектующие, а также уникальная геометрия измерений, позволили эффективно эксплуатировать наши приборы типа РЛП-3 в различных отраслях: геологических организаций (определение концентрации P, S, Cl в составе проб), на железорудных горнодобывающих и горно-обогатительных комбинатах (определение содержания Si, S в образцах руды и концентратах).

Сотрудничество с ведущими минерально-сырьевыми институтами геологической отрасли позволило создать прибор, позволяющий определять содержание в руде золота и других благородных металлов менее 0,01 г/т, что до недавнего времени было возможно только с использованием стационарных атомно-абсорбционных и ИСП спектрометров.

Основными преимуществами аналитического оборудования является упрощенная пробоподготовка для определения многоэлементного анализа без химической обработки проб, возможность работы в полевых условиях непосредственно на месте проведения геологоразведочных и добычных работ, низкие капитальные и эксплуатационные затраты и короткий срок окупаемости инвестиций.

В целом, за последние три года выпущено более 200 комплектов анализаторов с рентгеновскими источниками излучения разной номенклатуры. Все изделия сертифицированы и метрологически обеспечены. Это позволило обеспечить широкомасштабное внедрение рентгенофлуоресцентных аналитических систем на предприятиях Госкорпорации «Росатом», в геологических и горнодобывающих предприятиях.

Литература

1. Березкин В.В., Блинников И.Н., Колосков С.А., Родионов В.Ю., Щекин К.И. Разработка промышленных рентгенофлуоресцентных анализаторов. //Вопросы атомной науки и техники. Серия: Техническая физика и автоматизация. Выпуск 64-65,. 2010.
2. Медияйнен И. Путь длиною в четверть века. //Общественно-политическая газета «Вести Верхоянья» от 19.01.2010, www.vestiv.ucoz.ru.
3. Каталог ОАО «Научно-исследовательский институт технической физики и автоматизации». Москва.2010. 10-15с.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МАРКОВСКОЙ ГИПСОТОМОГРАФИИ ПРИ МОРСКИХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Либина Н.В.¹, Черников А.Г.²

¹ *Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,
117997 г. Москва, Нахимовский пр-т 36.*

² *ООО «Газпром ВНИИ ГАЗ», 142717 Пос. Развилка,
Московская обл.(499)1248547, факс: (499)1245983
e-mail: lnatvit@mail.ru, A_Chernikov@vniigaz.gazprom.ru*

The Markov tomography is a new method for processing the results of remote measurements of the surface elevation aimed at the development of a model of the rock mass internal structure.

Метод Марковской гипсотомографии представляет собой новый способ изучения и построения 3-Д модели внутреннего строения геологического объекта, основой которого является компьютерный анализ площадных изменений марковских свойств рельефа земной поверхности.

Многие природные процессы, в том числе и геологические, характеризуются тем, что в них наблюдается некоторое влияние предшествующих событий на последующие. Эти процессы носят название марковских. Характерным для марковских процессов является то, что вероятность системы находиться в данном состоянии в заданный момент времени можно вывести из сведений о непосредственно предшествующем состоянии. Марковское свойство, или марковость, представляет собой зависимость вероятности каждого перехода от непосредственно предшествующего состояния (S_i) в момент времени (t_{i-1}) в состояние (S_j) в момент времени (t_i). Наиболее ярким примером проявления марковских свойств в геологии являются чередование слоев литологических типов в стратиграфических последовательностях.

Новый способ изучения глубинного строения массива горных пород базируется на предположении о наследовании марковских свойств рельефа поверхности, или каких-либо других свойств нижележащих стратиграфических горизонтов, в рельефе или свойствах поверхности перекрывающих наслоений, контрастных по геолого-геофизическим свойствам.

Границы разделов слоев обладают рельефом, а следовательно, и свойствами, последовательно сформированными условиями осадконакопления, эпигенезом, тектонической историей и последующей изменчивостью. Каждая из границ может быть математически описана в виде простой однородной марковской последовательности отметок значений свойств по множеству профилей, секущих границу. Вертикальную изменчивость марковских описаний границ разделов следует рассматривать как изменение марковской последовательности величин значений свойств на границах и считать сложной марковской цепью, укрупненной по множеству исходных состояний. В этом случае, согласно теории марковских процессов, предыдущее состояние (марковость подстилающего слоя) вероятно определяет состояние последующее — марковость покрывающего слоя. Следовательно, изучая определенным образом марковские свойства на дневной поверхности, представляется возможным получить информацию о глубинном строении массива.

Для реализации этой идеи используются результаты регистрации измерений свойств на поверхности Земли, преобразованные в числовую последовательность, и система обработки, позволяющая выполнять глубинное зондирование массива путем марковского преобразования измеренных свойств как по профилям, так и по площадям наблюдений.

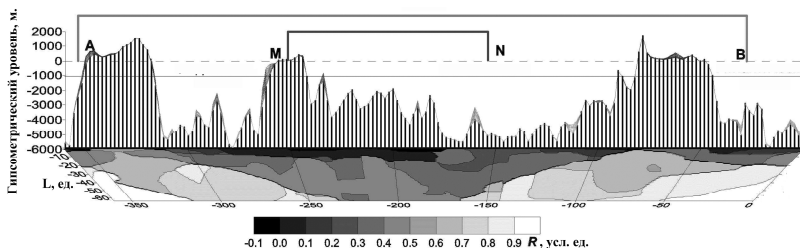


Рис. 1. Схема виртуальной установки АВ MN марковского зондирования, рельеф земной поверхности и получаемая томограмма.

Используя результаты математического моделирования, были рассчитаны “поля” влияния марковских свойств гипотетического множества границ раздела в плоскости геологического пространства на марковские свойства единичного отрезка находящегося на дневной

поверхности. Координаты ХУ-пространства были определены в единицах количества точек наблюдения (рис. 2).

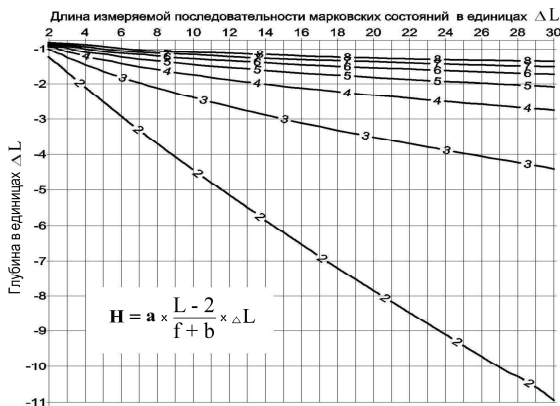


Рис. 2. Зависимость глубины зондирования от частотных параметров (f) исследуемого параметра и длины последовательности (L). a и b - коэффициенты, зависящие от типа исследуемого поля.

Получение томограмм осуществляется путем выполнения компьютерного анализа числовой последовательности марковских состояний двумя окнами АВ и MN (рис.1), имитирующими измерительные установки применяемые при электрическом зондировании, в интервале которых величины преобразуются в значения переходных вероятностей случайной марковской последовательности.

Предварительные прогнозные расчеты для региональных исследований могут выполняться по цифровым батиметрическим моделям с дискретностью данных 1, 2 км. Далее по полученным результатам могут выбираться участки для детальных инструментальных наблюдений. Также могут быть выделены площадные участки для более детальных, но, соответственно, менее глубинных прогнозов, за счет увеличения частоты f , при преобразовании исходных данных.

Детальность и глубинность исследований также определяется дискретностью батиметрических данных. Используя данные одного батиметрического промера можно рассчитать разрезы различной детальности за счет изменения шага точек расчета по профилю. При

разрежении точек расчета (увеличении окна зондирования) прогнозируется обзорный разрез, отражающий крупномасштабные структуры до глубин в несколько километров. По полученному обзорному разрезу могут быть выделены участки для более детальных расчетов. Далее из необходимости детализации исследований подбирается шаг наблюдений, который и определяется глубиной расчета.

Факторы, влияющие на глубину зондирования H :

- L - ширина окна (количество точек в исследуемой последовательности),
- ΔL - шаг наблюдения (расстоянием между точками),
- f - частотная характеристика анализируемого параметра (число определенных на шкале глубин состояний).

Полученные томограммы изменчивости марковских свойств методом инверсии пересчитываются в разрезы петрофизических свойств по априорной информации о акустических и (или) плотностных свойствах среды. Для этого используется метод многомерного регрессионного анализа, с помощью которого были рассчитаны номограммы (цифровые палетки) преобразования марковских характеристик среды в петрофизические параметры.

Используя минимум входных данных, в частности цифровые модели рельефа и (или) результаты батиметрической съемки, метод марковской томографии позволяет выполнить предварительный анализ строения исследуемого района; выявить зоны структурных нарушений; наметить участки для проведения детальных исследований комплексом геолого-геофизических методов; создавать петрофизические (геоакустические) 2D-модели разрезов по профильным батиметрическим данным и 3D-модели по площадным батиметрическим данным. Полученные модели могут служить для: повышения надежности геоакустических расчетов; создания инженерно – геологических моделей шельфовых зон; проведения исследования в зонах со сложным рельефом дна и пограничных зонах «берег-море»; оптимизации работ по проведению геофизических океанологических исследований.

Метод защищен авторским свидетельством, для реализации решаемых методом задач создан и опробован программный комплекс. В качестве примера применения метода на илл. 39-3 (цв. вкладка).

показан набор томограмм, полученных по рассчитанной 3D-модели кажущихся скоростей продольных волн. В верхней части приведен фрагмент карты, по которому выполнен расчет. Пунктирной линией показано примерное положение геологического разреза,

полученного по результатам проводившихся ранее в этом районе геолого-геофизических исследований. Исходные данные: цифровая модель рельефа Каспийского моря. $\Delta L=1$ км, $f=11$.

В настоящее время ведутся работы по разработке алгоритмов применения метода марковской томографии для исследования пространственной изменчивости свойств водной толщи.

III. ПРИБРЕЖНАЯ И МОРСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ФЛУОРОМЕТРИЧЕСКИЙ ЛИДАР ИО РАН В СОСТАВЕ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ МОРСКОЙ СРЕДЫ

Левченко В.А., Гуреев Б.А., Гольдин Ю.А., Копелевич О.В.

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН.
Россия 117851, Москва, Нахимовский пр., 36.
Телефон: (095) 129-27-81, факс: (095) 124-59-83,
e-mail: mscoff89@gmail.com*

Problem of remote identification of water oil pollutions is one of the most difficult problems that should be solved by systems of environmental monitoring. Existing algorithms for data processing can be considerably improved if new LiDAR developed at SIO RAS is used as a basis of system of identification of oil pollutions.

В составе систем геоэкологического мониторинга важное место занимает подсистема обнаружения и идентификации нефтяных загрязнений морской акватории. Обычно для этих целей применяют системы на основе лидара, поскольку такие системы имеют ряд неоспоримых преимуществ, таких как: высокая чувствительность, оперативность (минимум необходимых данных, быстрота обработки), возможность обнаружения загрязнителя не только на поверхности, но и в толще воды, возможности идентификации загрязнителя и оценки объёмов загрязнения [1, 2].

Задача обнаружения загрязнения решается достаточно просто с использованием методов, изложенных, например, в [3]. Задача идентификации загрязнителя гораздо более сложна, однако она может быть значительно упрощена, если в качестве основного компонента этой системы использовать многофункциональный флуорометрический лидар ИО РАН (МФЛ) [4].

МФЛ предназначен для обнаружения и идентификации различного рода неоднородностей на поверхности и в приповерхностном слое воды, в том числе связанных с антропогенными загрязнениями. МФЛ может быть использован как при проведении океанологических и экологических исследований, так

и для мониторинга акваторий, подверженных риску антропогенного загрязнения, в первую очередь нефтепродуктами.

В составе МФЛ излучатель ИЗ-24 с активным элементом из АИГ: Nd генерирует излучение с $\lambda_1 = 1064\text{нм}$. Излучение первой гармоники попадает на пластину $\lambda/4$, после чего в нелинейном элементе из КТР происходит генерация второй гармоники ($\lambda_2 = 532\text{нм}$). Далее по ходу луча стоит нелинейный элемент из ВВО, в котором излучение второй гармоники преобразуется в излучение четвёртой гармоники ($\lambda_4 = 532\text{нм}$). Флуориметрический измерительный канал регистрирует в широком спектральном диапазоне эхо-сигнал, формирующегося за счёт возбуждения зондирующим излучением на частотах 4-й и 2-й гармоник флуоресценции морской воды и загрязняющих примесей, а также комбинационного рассеяния на молекулах воды. В качестве приёмной оптической системы использован зеркальный телескоп ТАЛ-200К. Спектральная селекция осуществляется с использованием набора полупрозрачных диэлектрических зеркал и интерференционных светофильтров. Система обеспечивает регистрацию в 10-ти спектральных участках; в каждом участке используется свой ФЭУ. Оцифрованные сигналы, пропорциональные амплитудам аналоговых сигналов на выходе ФЭУ, поступают на ПК для регистрации, оперативной обработки и долговременного хранения.

Некоторые технические характеристики лидара МФЛ ИОРАН:

- длина волн зондирующего излучения λ_2 , нм – 532;
- длина волн зондирующего излучения λ_4 , нм – 266;
- энергия зондирующего импульса на λ_2 , мДж – 50 - 60;
- энергия зондирующего импульса на λ_4 , мДж – 5 - 10;
- длительность зондирующего импульса на λ_2 по уровню 0,5, нс – 9;
- длительность зондирующего импульса на λ_4 по уровню 0,5, нс – 8;
- исходная расходимость зондирующего пучка по уровню 0.9, мрад – не более 3;
- частота повторения зондирования, Гц – 0,5 – 2;
- спектральный диапазон регистрации флуориметрического канала, нм – 290 – 690;
- количество спектральных измерительных каналов – 10;
- положение максимумов чувствительности спектральных измерительных каналов, нм -
 $\lambda_{к1} = 292$ (КР от зондирующего излучения на $\lambda_4 = 266\text{нм}$), $\lambda_{к2} = 320$ (флуоресценция НП), $\lambda_{к3} = 350$ (флуоресценция НП), $\lambda_{к4} = 381$ (флуоресценция НП и РОВ), $\lambda_{к5} = 420$ (флуоресценция РОВ),

$\lambda_{к6} = 450$ (флуоресценция РОВ), $\lambda_{к7} = 500$ (флуоресценция РОВ), $\lambda_{к8} = 651$ (КР от зондирующего излучения на $\lambda_2 = 532\text{нм}$), $\lambda_{к9} = 670$ (крылья КР и флуоресценции Хл-А), $\lambda_{к10} = 687$ (флуоресценция Хл-А);

Натурные испытания лидара МФЛ были проведены в период с 04 августа по 08 августа 2006г. на НИС «Рифт» в акватории Каспийского моря и дали удовлетворительные результаты, также подтвердив интенсивную флуоресценцию нефтепродуктов на волнах 320-350нм.

Для разработки алгоритма идентификации нефтяных загрязнений был проведён модельный эксперимент. Т.к., в дальнейшем при реализации системы идентификации нефтяных загрязнений, предполагается использовать первые пять измерительных каналов МФЛ, в качестве тестового алгоритма был выбран один из самых простых алгоритмов, основанный на евклидовой метрике 4-х мерного пространства [5]. В рамках этого алгоритма предполагается наличие базы стандартных классов образцов, каждый из которых представляет собой вектор (или точку) в 4-х мерном евклидовом пространстве. В ходе работы системы оценивается вероятность принадлежности неизвестного образца к одному из классов. Первый измерительный канал МФЛ используется в системе предварительной обработки данных [4] для нормировки данных, поступающих с оставшихся четырёх информационных измерительных каналов. Полученные четыре нормированные интенсивности флуоресценции представляют собой компоненты рассматриваемого 4-х мерного вектора (неизвестного образца).

В модельном эксперименте были использованы данные о спектрах флуоресценции нефтепродуктов при волне возбуждения $\lambda = 308 \text{ нм}$ [6] вследствие отсутствия промеренных спектров для волны возбуждения $\lambda = 266 \text{ нм}$ (всего 4 стандартных образца). В ходе эксперимента стандартный образец подвергался случайному изменению (отклонению) на X%, и исследовалась возможность идентификации изменённого образца предложенным методом.

По результатам моделирования были сделаны следующие выводы:

- для данного метода способность достоверно распознать загрязнитель существенно зависит от взаимного расположения образцов из базы. При большом количестве близко лежащих образцов применимость методов в реальных условиях существенно уменьшается, например, при наличии 10-15 образцов;

- разумной представляется база не более чем из 7 примерно равноудалённых образцов (для 4-х измерительных каналов). Наличие большого числа измерительных каналов позволило бы существенно увеличить применимость метода, в т.ч. расширять базу стандартных образцов;

- целесообразно привлекать дополнительные характеристики, которые могут быть получены непосредственно из уже имеющихся данных, например, угол между векторами в N-мерном пространстве.

При продолжении работы планируется получение спектров флуоресценции разных сортов нефти и нефтепродуктов для длины волны возбуждающего излучения $\lambda = 266$ нм; провести моделирование идентификации загрязняющих акватории нефтепродуктов, как предложенным методом, так и другими; выбрать наиболее оптимальный с точки зрения его применимости к задаче не только достоверной, но и быстрой идентификации загрязнителя

Литература

1. Лобковский Л.И., Левченко Д.Г., Леонов А.В., Амбросимов А.К. //Геоэкологический мониторинг морских нефтегазоносных акваторий; Ин-т океанологии им. П.П. Ширшова. – М. : Наука, 2005. – 326 с. – ISBN 5-02-002785-5.
2. Mervin F. Fingas and Carl E. Brown. Review of Oil Spill Remote Sensing. // Spill Science & Technology Bulletin, Volume 4, Issue 4, 1997, Pages 199-208.
3. Renata Karpicz, Andrej Dementjev, Zenonas Kuprionis, Saulius Pakalnis, Rainer Westphal, Rainer Reuter and Vidmantas Gulbinas. Oil spill fluorosensing lidar for inclined onshore or shipboard operation. // Applied Optics, Volume 45, No 25, September, 2006.
4. Левченко В.А., Гольдин Ю.А., Копелевич О.В. Система обнаружения и идентификации нефтяных загрязнений морской среды. // Настоящий сборник.
5. R. Reuter, H. Wang, R. Willkomm and K. Loquay. A Laser Fluorosensor for Maritime Surveillance: Measurement of Oil Spills. // EARSel Advances in Remote Sensing, Vol. 3, No. 3 – VII, 1995.

Сайт Ольденбургского университета <http://las.physik.uni-oldenburg.de/data/spectra/spectra.htm>

РОЛЬ КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ В ГЕОЭКОЛОГИИ ОКЕАНА

Авилов В.И., Авилова С.Д.

*Институт океанологии им. П.П. Шириова РАН
117997 Москва, Нахимовский пр., 36
Тел/факс 8 499 124 85 09, E-mail, oav@ocean.ru*

The complex technology of ocean geoecology investigations formation becomes an absolute necessity. It is the extremely important to choose the correct approach to the information analysis. Authors create special complex methodology for research in geoecology direction and have developed the new interdisciplinary scientific direction - aquageoecology.

Познание нового во все времена было главной целью любой науки. Для современной геоэкологии океана, пережившей длительный период стагнации, эта цель как никогда актуальна. Выход из сложившейся ситуации необходимо искать с учетом реалий состояния нашей науки в условиях малой практики натурных наблюдений в океане. С нашей точки зрения к перспективному направлению следует отнести повышение комплексности геоэкологических исследований. Для этого предлагаем скорректировать технологию наблюдений.

Понятие технология исходно сформировано в сфере общественного производства и означает совокупность способов и приемов получения и переработки сырья, материалов или изделий, в том числе операции по их транспортировке и хранению. В научной же практике технологию часто отождествляют с методикой получения данных, определения содержаний компонентов. Но именно с научных позиций понятие технология гораздо шире. В ней выделяем и другие важные стороны – как хранителя знаний и как метода по выявлению новых научных фактов. С учетом этих качеств технология в науке достигает уровня методологии.

Роль технологии во многом зависит от свойств элементов структурной организации самой науки. Геоэкологию ранее часто рассматривали как раздел геологии. Постепенно в центральной концепции геоэкологии стал преобладать экологический аспект, что вполне соответствует её названию – геологическая экология. По современным представлениям геологическая экология (геоэкология) – это новое направление экологии, а не геологии. Вместе с тем

геоэкология сужает сферу интересов общей экологии, ограничивая объект экологических исследований геосистемой.

Геоэкология исследует биотическую составляющую экосистемы, влияние геологических факторов на её состояние, а также их взаимодействие. Последнее предполагает наличие сложных встречно направленных процессов взаимодействия на организменном и клеточном уровне с внешней средой. Большинство подобных превращений протекает в водной среде, и этот факт инициировал рождение обширного раздела геоэкологии – аквагеоэкологии. Геоэкологию и аквагеоэкологию отличает экосистемный подход. Важное место в аквагеоэкологии занимает геоэкология океана, учитывая главенствующую роль Мирового океана в гидросфере по занимаемому объему, по наибольшей степени изученности и его планетарной функции в виде уникальной экосистемы с высокой степенью самоорганизации.

Экосистемный подход составляет основу методологии геоэкологии океана. На передний план выходит изучение и осмысливание многочисленных процессов и явлений в водных экосистемах. И здесь вступает в силу биотическая составляющая, определяя главную задачу – исследование проявлений жизни в экосистемах. Геоэкология океана нацелена на оценку экологического состояния и определение показателей биотического сообщества, выявление причинно-следственных связей между элементами экосистемы, а также на изучение внешнего воздействия на экосистему. В этом плане экосистема выглядит не только как смесь или симбиоз живого и неживого, но и как живой своеобразный организм.

При изучении столь сложных взаимодействий ощутимые результаты могут быть достигнуты только путем обобщения комплекса данных. Выбор измеряемых компонентов базируется на теоретических представлениях о состоянии и функционировании экосистемы [1]. Развитие экосистемы, изменение её состояния зависит от множества биологически активных веществ, участвующих в процессах переноса вещества и энергии, трансформации органического вещества, взаимодействия геофизических, геохимических, микробиологических полей и тому подобное.

Информационные признаки, характеризующие экосистемное преобразование, включают концентрацию органического вещества, биохимические и гидрохимические показатели, содержание в воде и осадках растворенных, сорбированных и свободных газов, наличие флюидных потоков, газогидратов, минеральных новообразований и другое. С позиций разработанной авторами теории биохимического

состояния природной среды показано доминирование газобиогеохимических показателей и к существенным информационным признакам относим концентрацию АТФ и активность гидролитических ферментов, как главенствующая характеристика биотической составляющей экосистемы, а для абиотической компоненты – содержание наиболее подвижных газообразных компонентов [2].

Принцип комплексности аквагеоэкологических исследований применен авторами в морских экспедициях и принес неординарные плоды (открыты и зарегистрированы 3 неизвестных ранее явления – дипломы №№ 56, 92, 412). Развитие комплексных технологий должно стать нормой при планировании научно-исследовательских и экспедиционных работ в такой многогранной области как океанология. Приоритет должно отдавать междисциплинарным направлениям.

Наряду с новыми технологиями в океанологии следует поддерживать методы, давшие хорошие результаты в прошлом. Ведь забвение этих технологий приведет к утрате знаний, заложенных в них при разработке. То же касается добытой ранее информации и данных по Мировому океану. Гораздо менее затратно и более продуктивно провести анализ и ревизию собранного в Институте массива фактического материала, используя современные информационные возможности, чем организовывать повторные экспедиции. Отбраковав ненужное, следует провести широкое обобщение нестареющих измерений в комплексе. Положительный эффект следует ожидать при незначительных материальных вложениях.

Литература

1. Авилов В.И., Авилова С.Д. Теоретические основы аквагеоэкологии. М.: «ВИКТАН-полиграф». 2008. 120 с.
2. Авилов В.И., Авилова С.Д. Информационная система аквагеоэкологии. М.: «Прима-Пресс». 2009. 142 с.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Авилов В.И., Авилова С.Д.

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН
117997 Москва, Нахимовский пр., 36
Тел/факс 8 499 124 85 09, E-mail, oav@ocean.ru*

Planet water resources' studying becomes one of science main tasks, especially for oceanology. High efficiency of aquageoecology methods using is shown for the tasks solution.

Современное общество уделяет особое внимание изучению отдельных видов ресурсов как необходимых компонентов, обеспечивающих жизнедеятельность человека. Фактически вся активность людей направлена на удовлетворение своих потребностей и желаний. Этот подход закреплён сутью рыночных отношений: производят то, что покупает потребитель, всё остальное считается ненужным. Для более полного обеспечения потребностей человека основные ресурсы (земельные, водные, минеральные и другие) углублённо и детально изучают специальные науки.

По большинству ресурсов установлены правила их разработки и использования, приняты законы охраны окружающей среды. Многие носят статус международных законов, нашли отражение и развиты в законодательстве ведущих стран мира. Однако бурное развитие и достижения отдельной отрасли, отдельного ресурса не решили главной задачи – обеспечение потребностей и основных прав человека, которые должны быть предоставлены всем жителям планеты, как сформулировано в «Декларации тысячелетия» в сентябре 2010 г. на Генассамблее ООН.

Ожидается смена парадигм во всех сферах – производственной, научной и общественной жизни. Одним из первых затронется область жизнеобеспечивающих ресурсов. Видится наступление этапа обобщения и синтеза знаний о разных видах ресурсов в комплексе, что произойдёт под эгидой объединённой науки о ресурсах – ресурсологии [1]. Развитие ресурсологии исторически обусловлено созидательным движением науки. Её активная роль в процессе познания мира вызвана жизненной необходимостью, поэтому цели и задачи ресурсологии должна поставить сама жизнь, они должны логично вытекать из

прошлого опыта и умения привлекать и использовать природные ресурсы.

Все науки человек придумывал и развивал сам, в конечном счете, опять же для удовлетворения собственных потребностей и желаний, то есть во главу угла ставится практическая значимость любых наблюдений. По этому признаку можно принять, что все науки изучают ресурсы, создавая тем самым основание пирамиды, на вершине которой располагается ресурсология. Аквагеоэкология стала её главной ветвью в изучении водных ресурсов.

Одним из первых было умение добывать и использовать все необходимое для жизни – огонь, воду, продукты питания и так далее. Ресурсов было в избытке, и человек строил, развивал производство, создавал науки с одним устремлением к благам, нашедшем отражение в «модных» лозунгах прошлого века: «взять займы у природы», «нам нечего ждать милостей от природы, взять их – наша задача» и т.п. Делаем стратегически важный вывод – потребительское отношение к природе укоренилось в сознании людей за всю историю современной цивилизации, и для его изменения требуются веские аргументы.

Серьезный звонок - негативные экологические эффекты проявились в 60-х годах прошлого века. Бесконтрольное техногенное воздействие на отдельные водные объекты имело пагубные последствия. Длительная эвтрофикация приводит к полному вымиранию фауны и к анархическому развитию водорослей на поверхности водоема. Именно такая судьба постигла озеро Эри (одно из Великих озер Америки). В 60-х годах обезлюдили его пляжи, улов рыбы сократился в 250 раз. Подобное произошло с канадским озером Онтарио – к 1955 г улов рыбы сократился в 400 раз. Человек не умозрительно, а на практике обнаружил утрату природных ресурсов на значительной территории только из-за неумения самоорганизоваться. Сейчас плоды коллективной недалновидности выливаются в многочисленные экологические проблемы, широко обсуждаемые в СМИ, научной и популярной литературе. Главная из них – истощение части природных ресурсов.

В антропоэкосистеме доминирующая роль принадлежит человеку, поэтому в соответствии с постулатами экологии, геоэкологии для достижения поставленных целей при проведении исследований в ресурсологии применяем наиболее конструктивный экосистемный подход. Он предполагает рассматривать любой ресурс и их комбинацию в экосистеме, где во взаимодействиях доминирует биотическая составляющая, особенно – человек. В конце концов, уголь в скоплениях пролежал тысячелетия и только при человеке стал

ресурсом. Обычно активная жизнедеятельность биоты связана с водой, поэтому авторы разработали методологические основы изучения таких взаимодействий в аквагеоэкологии, внедрив их в наблюдение водных объектов, начиная с 1976 года [2]. В качестве основного инструмента методологии используем экосистемный анализ взаимосвязи и взаимодействия всех элементов водной экосистемы. Экосистемный подход считаем продуктивным и потому обязательным для использования при решении любых задач ресурсологии.

Методы и подходы аквагеоэкологии продемонстрировали высокую пригодность в решении проблем рационального использования водных ресурсов [3]. Быстрый рост народонаселения заставляет задуматься о суммарных биоресурсах на планете Земля. Взор всё чаще обращается в сторону Мирового океана. Новая технология комплексных газобиогеохимических исследований, разработанная авторами, обеспечила разделение живого от неживого во взвеси на количественном уровне. Нами введено понятие «активное живое вещество». Его характеризует количественный показатель – биомасса активных живых микроорганизмов, измеряемая по АТФ.

Наш комплексный методологический подход позволил учесть в сообществе все виды активных живых микроорганизмов, что в принципе изменило представление о происходящих процессах в промежуточных и глубинных водах Мирового океана (Диплом открытия № 92, дата приоритета 1976 г.). По нашим данным там, в сгустках жизни доля активного живого вещества (по АТФ) доходит до 80% от общего ВОВ. Учитывая это, оцениваем вклад этого явления до 10-15% в суммарную продукцию органического вещества океана. Естественная биопродукция Мирового океана оказалась заметно выше, а его роль в биоресурсах планеты возросла.

Литература

1. Авилов В.И., Авилова С.Д. Развитие науки ресурсологии // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2011. № 2. – С. 3-9.
2. Авилова С.Д., Авилов В.И. Оценка экологического состояния водных объектов по биохимическим показателям (методические указания). М.: РЭФИА, 1997. 35 с.
3. Авилов В.И., Авилова С.Д. Изучение экосистем в аквагеоэкологии. – М.: «Прима-Пресс», 2010. – 184 с.

ПРИМЕНЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ БИООКЕАНОЛОГИИ

Ступникова А.Н., Кулагин Д.Н., Мошаров С.А., Верещака А.Л.

*УРАН Институт Океанологии им. П.П. Ширшова РАН,
117997 Москва, Нахимовский пр-т, 36, т. (499)124-79-40.
E-mail: alv@ocean.ru*

Studies of biodiversity and of ecological factors determining species distribution are very important for development of modern biooceanography. These studies include investigations of population genetics. For the time being, we demonstrate potential of molecular methods for understanding of population structure of dominant zooplankton species occurring in the Southern Ocean.

К числу наиболее важных с научной и практической точки зрения задач в современной биоокеанологии относятся: изучение биоразнообразия, роли экологических факторов в распределении видов в Мировом океане, решение проблемы панокееанических видов, изучение популяционной генетики морских видов. Применение в биоокеанологии молекулярно-генетических методов позволило для одних задач вывести решение на новый уровень, для других – обеспечить принципиальную возможность их решения.

Биоразнообразие в океане изучается достаточно давно и основные закономерности в этой области известны. Согласно современной концепции, помимо разнообразия местообитаний и видов в понятие биоразнообразия включено также генетическое разнообразие (генофонд). Изучение генофонда возможно только с применением новых для биоокеанологии методов – молекулярно-генетических. В настоящее время особое внимание уделяется генетическому разнообразию экосистем и популяций, которое в пределах одного вида часто не отражается в морфологическом разнообразии особей. Внешне идентичные особи могут быть генетически различны (виды-двойники). При использовании классических методов определения видовой принадлежности в морских экосистемах виды-двойники не выявляются. Эти виды не имеют четких морфологических различий, но изолированы репродуктивно. В связи с этим происходит недоучет видового богатства при оценке биоразнообразия.

Роль экологических факторов (физические барьеры в морской среде, условия обитания видов, биология видов) в распределении морской фауны не всегда очевидна при изучении классическими методами. Например, существуют эврибатные виды, которые встречаются в широком диапазоне глубин, т.е. при совершенно разных условиях (разница в давлении до 400 атм. и в температуре до 25 градусов). Не решен вопрос, принадлежат ли особи, живущие в столь разных биотопах, к единому виду, и каковы механизмы генетического обмена между особями одного вида с разных глубин.

В современной океанологии не решена проблема панокееанических видов: принадлежат ли морфологически неотличимые особи из удаленных частей (например, в Арктике и Антарктике) к одному виду на самом деле или это отдельные виды, которые мы еще не научились различать?

Помимо вышеперечисленных классических задач, применение молекулярно-генетических методов позволяет ставить и решать совершенно новые для биоокеанологии задачи. В частности, появляется возможность изучения популяционной генетики морских видов.

В наших исследованиях применение молекулярно-генетических методов позволило решать вышеперечисленные задачи для видов зоопланктона Атлантического сектора Южного океана.

Основой большинства молекулярно-генетических методов является сравнительный анализ нуклеотидных последовательностей ДНК отдельных особей. В большинстве случаев сравнивают не целые геномы (пока полностью расшифрованы геномы далеко не всех организмов), а отдельные участки ДНК. Для разделения видов генетики используют консервативные участки генома, которые обычно в пределах вида мало изменчивы. Превышение количественного порога различия нуклеотидных последовательностей этих участков позволяет разделять исследованную совокупность особей предположительно одного вида (по морфологическим признакам) на отдельные, генетически различающиеся, виды. Все известные нуклеотидные последовательности публикуются в открытых международных базах генетических данных, что позволяет проводить сравнение данных конкретных исследований с уже имеющимися. Например, сравнить нуклеотидные последовательности особей одного вида из разных районов Мирового океана.

В результате наших исследований массовых видов зоопланктона в этом районе была сделана первая оценка роли физических градиентов водной (морской) среды как барьеров для

генетического обмена между популяциями планктонных организмов. Наиболее значимым для распределения планктонных организмов в среде и формирования популяций этот фактор является в высокоградиентных (фронтальных) районах Мирового океана, одних из самых биопродуктивных районов. Это связано с сильнейшей пространственно-временной изменчивостью всех океанологических параметров в этих областях.

Задачей исследования была проверка гипотезы о влиянии этих фронтов на изолированность популяций видов зоопланктона. Проанализированы результаты синхронных измерений гидрофизических параметров (температура, соленость, плотность, положение фронтальных зон) и биологических характеристик (морфологических и генетических) особей морских беспозвоночных, в том числе полиморфизм фрагмента митохондриального гена CO1 для трех массовых видов копепод Южного океана - *Calanus simillimus*, *Rhincalanus gigas*, *Metridia lucens* – и вида-космополита хетогнаты *Eukrohnia hamata*. Особи каждого вида собраны в разных гидрологических зонах Атлантического сектора Южного океана.

Для двух из этих видов (*C. simillimus* и *R. gigas*) океанические фронты не являются границами распространения популяций в пределах изученной акватории, так как не было установлено наличие генетически различающихся группировок. А для двух других видов (*M. lucens* и *E. hamata*) показано наличие двух генетически различающихся группировок для каждого из них. Границей распространения этих группировок предполагается Полярный фронт. Таким образом, с помощью молекулярно-генетических методов впервые показано, что Полярный фронт для одних видов не является барьером для генетического взаимодействия между популяциями, в то время как для других видов это существенный барьер.

Анализ различия между генетическими группировками в пределах двух видов *M. lucens* и *E. hamata* показал, что каждый из двух видов оказался совокупностью нескольких видов. Особенно этот результат интересен для вида *E. hamata*, который считался панокеаническим. Таким образом, с помощью молекулярно-генетических методов на примере двух этих видов показано существование скрытого биоразнообразия, не выделяемого классическими методами.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН 21П "Фундаментальные проблемы океанологии: физика, геология, биология, экология".

АКУСТИЧЕСКОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАНКТОНА В МОРЕ

Буланов В.А., Стороженко А.В.

*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И.
Ильичева ДВО РАН, Россия, 690041, Владивосток,
Балтийская 43 Тел. (423)2374913;
Факс: (423)2312573, E-mail: bulanov@poi.dvo.ru*

Possibility of an acoustic estimation of plankton distribution in the sea is studied. A basis are formulas for the sound scattering coefficient. Comparative estimations of concentration of a plankton received in the Sea of Japan and in the Sea of Okhotsk are presented.

Акустическое зондирование позволяет изучать мелкомасштабную структуру морской среды, связанную с турбулентными образованиями, проявлением внутренних волн, наличием пузырьков, а также планктона и других биологических объектов [1-3]. Цель работы – решение практического вопроса об оценке распределения биомассы в деятельном слое океана по данным о рассеянии звука. Теоретическую основу составляет зависимость для коэффициента рассеяния звука m_v , включающая различные полуэмпирические сечения рассеяния на одиночном включении и два типа функций распределения включений по размерам – степенное и гауссовское [4, 5]. Новый подход заключается в использовании полуэмпирических формул для сечения рассеяния на одиночном включении и двух практически важных типов функций распределения включений по размерам, который позволил выявить связь между экспериментальными и теоретическими характеристиками.

Для описания рассеяния звука в среде с микронееднородностями вводят понятие коэффициента рассеяния, экспериментальное значение которого можно написать в виде [1, 4]

$$m_v = (2/\pi\theta^2 c\tau)(P_{bs}/P_i)^2. \quad (1)$$

где $I_{bs} \sim P_{bs}^2$, $I_i \sim P_i^2$ – интенсивности падающего на неоднородность и рассеянного звука соответственно, при этом P_i и P_{bs} – соответственно, амплитуды падающей на объем V волны и рассеянной в обратном направлении, V – импульсный рассеивающий объем среды, $V = \pi r^2 \theta^2 c\tau/2$, где θ – ширина диаграммы направленности излучателя, c – скорость звука, τ – длина импульса звука. С помощью

приведенной формулы можно экспериментально определить частотную зависимость $m_v(\omega)$, которая позволяет установить тип рассеивателей, а также некоторые их характеристики, например, функцию распределения по размерам $g(R)$ или объемную концентрацию V_0 . Имея объемную концентрацию включений можно определить массовую концентрацию по формуле [3, 4]

$$m_g(r) = (4\pi/3) \int_{R_{\min}}^{R_{\max}} r^3 \check{r}(r) g(R, r) dR, \quad (2)$$

где $\check{r}(r)$ - плотность включений в различных точках пространства.

Общее выражение, позволяющее по экспериментальным данным для m_v получать данные по распределению биомассы m_g в рамках двух распределений – степенного и гауссовского, можно написать в виде:

$$m_g^{(P,G)}(r, f) = D^{(P,G)}(f) m_v(r, f), \quad (3)$$

где коэффициент $D^{(P,G)}(f)$ подробно проанализирован в работе [5]:

$$D^{(P,G)}(f) = \begin{cases} \frac{4\pi r \check{r}}{3(4-n)} \frac{R_{\max}^{4-n}}{\int_{R_{\min}}^{R_{\max}} s_1(R, f) R^{-n} dR}, & g^{(P)} \sim R^{-n} \\ \frac{4\pi r \check{r}}{3} \frac{\bar{R}^3}{s_1(R, f)}, & g^{(G)} \sim e^{-\frac{R - \bar{R}(r)}{\bar{D}}^2} \end{cases} \quad (4)$$

Важным параметром, входящим в $D^{(P)}$, является характерный размер зоопланктона. От этого параметра по существу зависит общая оценка биомассы. Количественно связь размеров l и концентрации зоопланктона при $l < 1$ см была впервые получена Цейтлиным [5] для организмов, обитающих в тропических биологически бедных и биологически богатых районах океана. Указанную выше общую информацию вместе с другой имеющейся в наличии априорной информацией (результаты облова планктона на отдельных станциях в данном районе, имеющиеся литературные данные) следует учитывать для оценки $D^{(P)}$ по формуле (4).

Рассмотрим типичные оценки концентрации планктона по данным о рассеянии звука, полученным в Охотском море на парусно-учебном судне "Надежда" в августе 2010 г. На рис. 1 представлена пространственная структура коэффициента рассеяния звука на мелкомасштабных неоднородностях биологического происхождения на частоте 100 кГц вдоль трассы 52 км в Охотском море (северный Сахалин, верхний рисунок), спектр интегрального рассеяния звука

верхним слоем моря толщиной 200 метров (на врезке сверху). Из рис. 1 видно, что имеется значительная пространственная изменчивость $m_g(r)$, которая связана с характерными закономерностями распределения планктона по глубине вдоль трассы. Модуляция последними термоклина приводит к существенным вариациям $m_g(r)$.

Планктон хорошо оттеняет вариации рассеяния звука, связанные с внутренними волнами. Это хорошо видно из рис. 1, включая врезку, на которой представлены спектральные пики, отвечающие характерным пространственным периодам внутренних волн, распространяющихся в верхнем слое моря.

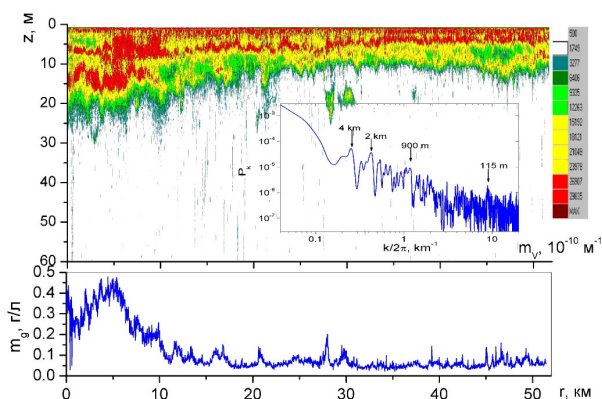


Рис. 1. Структура рассеяния звука на мелкомасштабных неоднородностях биологического происхождения на частоте 100 кГц в Охотском море в августе 2010 г. (верхний рисунок), спектр силы рассеивающего слоя вдоль трассы (на врезке сверху) и оценка распределения биомассы вдоль трассы (нижний рисунок)

Представляло интерес сравнить полученные данные на основе рассеяния звука с результатами непосредственного биологического облова планктона в море. На рис. 2. представлены акустические результаты, полученные в тех же районах залива Петра Великого Японского моря, что и результаты, полученные биологами в различные месяцы. Из рис. 2 видно, что акустические данные достаточно хорошо повторяют структуру данных облова. Таким образом, в работе получены оценки, позволяющие по данным о коэффициенте рассеяния оценить важную характеристику биопродуктивности водных масс — массовую концентрацию

включений и их суммарное количество в интервале размеров. Последнее позволяет внедрить быстрый акустический способ для проведения оценок распределения планктона в различных районах океана. Полученные зависимости, связывающие коэффициент рассеяния звука m_v и распределение биомассы в морской среде, представляют интерес для использования их для оперативного акустического мониторинга биоресурсов непосредственно на ходу судна.

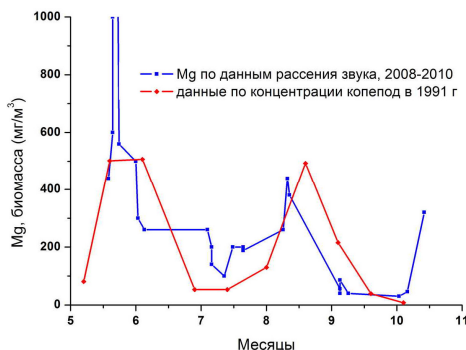


Рис. 2. Концентрация биомассы по данным рассеяния звука и непосредственных обловов

Работа была поддержана грантом государственной поддержки ведущих научных школ РФ № НШ-3641.2010.5, грантами РФФИ № 09-02-01030-а, ДВО РАН №09-И-П17-04, №09-III-A-07-314, №10-III-B-07-189.

Литература

1. Андреева И.Б. Рассеяние звука в океанических звукорассеивающих слоях. // В кн.: Акустика океана, под ред. Л.М. Бреховских, М.:Наука, 1974, с.491-558.
2. Weibe P., Greene C., Stanton T. // J. Acoust. Soc. Am. 1990. Vol.88. No 5. pp.2346-2359
3. Gorska N. Chu D. // J. Acoust. Soc Am., 2001, vol. 110, No. 5, p. 2315-2325
4. Акуличев В.А., Буланов В.А. "Исследования неоднородностей морской среды методами акустического зондирования" / В кн. Дальневосточные моря России: в 4 кн./ Гл. ред. акад. В.А.

- Акуличев. Кн.4. Физические методы исследования/ отв.ред.
Г.И.Долгих. –М.: Наука 2007, с.129-231
5. Цейтлин В.Б. // Океанология. 1981. Т.21. №1. с.125-131

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ МЕЗОПЛАНКТОНА И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ЗОНДЫ СЕРИИ "ТРАП"

Левашов Д.Е., Буланова Н.П.

*Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии (ФГУП «ВНИРО»),
107140, г. Москва, Верхняя Красносельская, 17,
(499) 264-87-92, levashov@vniro.ru*

A number of plankton laser meters of "TRAP" family has been developed in VNIRO to estimate the size and quantitative composition of mesoplankton directly in the water column with simultaneous visualization of its spatial distribution both in the mode of vertical probing at the stations and that of vessel running by means of the towed carrier or pumping system. Examples of the most significant results obtained during the sea trials of the probe carried out within various areas of the World Ocean are given.

Во ВНИРО разработан ряд лазерных измерителей планктона серии "ТРАП", предназначенных для оценки размерно-количественных характеристик мезопланктона непосредственно в водной толще с одновременной визуализацией его пространственного распределения в режиме вертикального зондирования на станциях до глубины в 1000 м или на ходу судна с помощью буксируемого носителя или судовой системы прокачки забортной воды. Зонд работает на основе оптического теневого принципа измерения. Устройство оптоэлектронного датчика последнего варианта зонда ТРАП-7А состоит из проекционного осветителя на основе инфракрасного импульсного полупроводникового лазера, измерительного объема, через который протекает взвешенный в воде планктон, и фотоприемника на основе фотодиодной линейки из 128 элементов, на которые проецируется тень частиц планктона. Функциональная схема датчика и внешний вид зонда ТРАП-7, смонтированного на ограждение СТД-зонда, представлены на илл. 45-1 (цв. вкладка).

Зонд ТРАП-7А показал себя востребованным и надежным инструментом для оценки непосредственно в водной толще концентрации и размеров мезопланктона – кормовой базы рыбопромысловых скоплений, в связи с чем по запросам заинтересованных организаций ВНИРО совместно с ОАО "Технополь" был изготовлен ряд его модификаций. Эти зонды используются в СахНИРО, ПИНРО, ТИНРО-Центре, а также два экземпляра в Институте морских исследований (Германия) в составе зондирующих СТД-комплексов и буксируемых устройств.

На опыте использования разработанной аппаратуры в прошедших экспедициях в различных районах Мирового океана на НИС рыболовной отрасли и судах системы Академии Наук было выделено три основных направления в применении зонда:

- исследование пространственных и временных характеристик распределения мезопланктона в мезо- и микромасштабе;
- получение экспресс-характеристик обилия и вертикального распределения мезопланктонных организмов при ограниченном времени на проведение станций;
- "наведение" стандартных количественных орудий лова на детали вертикального распределения мезопланктона.

При этом по всем трем направлениям предполагается обязательное параллельное использование традиционных методов отбора и обработки проб.

Вместе с тем, появление новых моделей зондирующих комплексов на основе микропроцессорной техники, потребовало применения аналогичных аппаратно-программных решений и в конструкции зонда ТРАП для обеспечения стыковки с новейшей зарубежной аппаратурой. При этом использование микропроцессорной электронной базы позволяет расширить функциональные возможности зонда – осуществить измерение и подсчет частиц планктона по всем 128 размерным группам. Одновременно должна быть снижена себестоимость зонда ТРАП, уменьшены его размеры и повышена эксплуатационная надежность.

С этой целью были разработаны и изготовлены принципиально новые электронные узлы и блоки перспективного зонда ТРАП-8. Для сокращения финансовых затрат на испытания и дальнейшую доработку они смонтированы на механической основе зонда ТРАП-7А сер.№08, разработанного во ВНИРО по заказу Итальянского морского института (Сицилия). Этот зонд планировалось встроить в состав новейшей модели СТД-комплекса "miniPack" с буксируемым

носителем "NuShuttle" (рис. 2а-б: см. илл. 45-2а-б цв. вкладки) фирмы Chelsea Inst. Ltd (Великобритания).

Морские испытания зонда, установленного на специальную технологическую пластину-платформу (илл. 45-2в цв. вкладки), проводились в июле – августе 2007 г на итальянском НИС "Тетис" в соответствии с российско-итальянской совместной программой "DoLaser07". Предварительный анализ (проводимый непосредственно в экспедиции) полученных результатов показал хорошую корреляцию между данными зонда ТРАП и акустическими измерениями в слое мезопланктона, однако, дальнейшая обработка данных стала невозможной из-за трагического окончания экспедиции.

Третьего августа 2007 г., в момент проведения последней дрейфовой станции с зондом ТРАП, в 11.15 по местному времени (13.15 мск) в пяти милях от западного побережья Сицилии в районе порта Мазара-дель-Валло итальянское океанографическое судно "Тетис" длиной 32 м было протаранено контейнеровозом "Еллени" водоизмещением 54 тысячи тонн и длиной 295 м, следовавшим под панамским флагом из Израиля в Испанию. В результате столкновения "Тетис" со всем научным оборудованием и материалами исследований практически мгновенно затонул, а главный разработчик зонда ТРАП-8 – ведущий инженер ВНИРО П.А. Михейчик погиб, не успев покинуть при этом свое рабочее место, в связи с чем, работа над данным проектом была тогда прекращена.

Однако в настоящее время ведется проработка нового варианта – зонда ТРАП-9. Предполагается установка вместо фотолинейки TSL202 современной микровидеокамеры на основе матричного CCD-фотоприемника, чувствительного в ИК-диапазоне. Предварительная обработка выходного видеосигнала микровидеокамеры непосредственно в зонде, с передачей данных на борт судна по кабель-тросу, позволит наблюдать вертикальное распределение условной биомассы мезопланктона в реальном масштабе времени. Вместе с тем, полная запись видеосигнала за время зондирования во внутреннюю флэш-память зонда и его последующее считывание на борту судна, позволит провести подробный визуальный анализ размерно-количественного состава зарегистрированного планктона с возможностью его видовой идентификацией. Такой подход при необходимости позволит в ряде случаев исключить процесс отбора проб – например, в свежую погоду или при ограниченном времени станции. Особенный интерес такое решение представляет для использования аппаратуры на ходу судна или на буйковых станциях, где отбор проб вообще проблематичен.

СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ МОРСКОЙ СРЕДЫ

Левченко В.А., Гольдин Ю.А., Копелевич О.В.

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН.
Россия 117851, Москва, Нахимовский пр., 36.
Телефон: (095) 129-27-81, факс: (095) 124-59-83,
e-mail: mscoff89@gmail.com*

Problem of environmental monitoring is one of the important problems of modern times. The multi-level system of monitoring of marine environment includes several subsystems and LiDAR subsystem for detection and identification of oil spills is very important one. In this report common system for detection and identification of oil spills is considered.

В настоящее время в связи с активным использованием недр Земли, в том числе с нефтедобычей на шельфовых зонах, все острее стоит проблема экологического мониторинга. В Институте Океанологии им. П.П. Ширшова РАН для этих целей была разработана комплексная система геоэкологического мониторинга [1], которую предполагается размещать на буровых платформах. Важной частью этой системы является подсистема дистанционного зондирования с использованием флуоресцентного лидара, предназначенная для обнаружения и идентификации загрязнений морской воды нефтью и нефтепродуктами различного рода на расстояниях до 100 м, т.е. в непосредственной близости от буровой платформы или места размещения «лидарной» подсистемы (далее Система).

Использование лидара в качестве зондирующего устройства имеет ряд достоинств. Главное преимущество лидарного зондирования нефтяных загрязнений заключается в возможности получения информации о появлении загрязнителя не только на поверхности, но и в приповерхностном слое воды толщиной в несколько метров, в отличие от других дистанционных средств, таких как видеонаблюдение (в том числе со спутников и самолётов) и радиолокация. Это обусловлено тем, что как лазерное излучение, так и ответный флуоресцентный сигнал без особых потерь распространяются в толще воды на несколько метров, преодолевают границу раздела вода-воздух, а также свободно распространяются в воздухе. Другим важным отличием лидарного метода является

принципиальная возможность идентификации загрязнителя по принципу «свой-чужой». К тому же, методы идентификации, основанные на анализе формы спектра, для принципиальной возможности их использования не требуют образования нефтяной плёнки. Чтобы обнаружить загрязнение в указанном месте теоретически достаточно данных о спектре флуоресценции исследуемого объекта (в данном случае морской акватории) всего в одной точке, что позволяет обнаружить загрязнение, идентифицировать загрязнитель и принять необходимые меры по ликвидации источника и последствий разлива весьма оперативно. Использование лидара также позволяет оценить толщину пленки [2] и, в результате, объём загрязнения, т.к. в ходе сканирования морской акватории площадь распространения загрязнения легко может быть оценена.

Структурная схема транзита данных в Системе представлена на рис. 1.

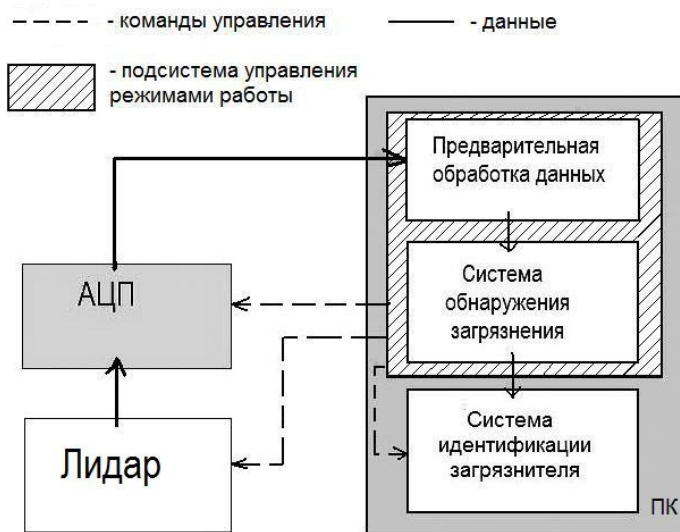


Рис. 1. Транзит данных в системе обнаружения и идентификации нефтяных загрязнений в морской воде.

Поток информационных данных идёт следующим образом: сигнал с используемых каналов лидара (МФЛ ИО РАН будет упомянут ниже) поступает порциями на АЦП, где он оцифровывается и перенаправляется в подсистему предварительной обработки данных, а после – в систему обнаружения загрязнения, которые находятся в

составе подсистемы управления. На основе анализа полученных данных подсистемой обнаружения загрязнения управляющая подсистема принимает решение о выборе дальнейшего режима работы всей Системы:

- продолжать сканирование с целью обнаружения загрязнения в том случае, если загрязнение не обнаружено;
- передать данные для анализа в подсистему идентификации загрязнителя, если загрязнение обнаружено;
- сканировать в режиме оценки размера и местоположения обнаруженного загрязнения для составления карты «пятна» и оценки объёмов загрязнения.

Все необходимые команды управления в порядке очерёдности передаются на Лидар, подсистему предварительной обработки данных и подсистему обнаружения загрязнения. Подсистема идентификации загрязнения обычно находится в ждущем режиме, поскольку неизвестно, в какой момент времени загрязнение будет обнаружено и потребуются процедура идентификации.

Подсистема предварительной обработки данных должна обеспечивать отсеивание заведомо некорректных данных, унификацию корректных данных.

В подсистеме обнаружения загрязнения предполагается использовать метод, основанный на т.н. «дифференциальном сигнале» [3]. Этот метод достаточно прост и надёжен.

Задача идентификации загрязнителя гораздо более сложная, чем задача обнаружения загрязнения, поскольку сопряжена с целым рядом трудностей, например, таких как отсутствие единого подхода или метода, позволяющего достоверно идентифицировать загрязнитель. В основном это связано с сезонной изменчивостью концентрации РОВ, обусловленной естественными природными процессами, спектр флуоресценции которого накладывается на спектры флуоресценции загрязнителей, чем существенно затрудняет процесс анализа данных. Как показывает практика, при лидарном зондировании погрешность, в силу разного рода факторов, таких как сильное волнение, недостаточная толщина плёнки на поверхности, неудовлетворительное состояние атмосферной трассы и т.п., может быть очень большой (30% и больше), что существенно снижает применимость всех существующих методов. Из существующих алгоритмов обработки данных наибольшей точностью обладают алгоритмы, использующие нейронные сети [4]. Эти алгоритмы достаточно хорошо решают задачу разделения спектров флуоресценции РОВ и загрязнителей, но у них есть один существенный недостаток: для обучения нейронной сети

требуется либо большое количество натурных данных, либо хорошо поставленный модельный эксперимент, который предъявит существенные требования к вычислительной мощности используемого оборудования. При этом если в базу данных опорных образцов потребуется внести изменения, то это потребует провести переобучение нейронной сети. Более простые методы, использующие метрики N-мерного пространства, лишены этого недостатка, но значительно уступают в точности. Поэтому, в случае использования простых систем, имеет смысл использовать несколько таких систем, к результатам анализа применять последующую взаимную верификацию.

Значительно упростить задачу разделения спектров флуоресценции РОВ и загрязнителей представляется возможным с помощью разработанного в ИО РАН многофункционального флуоресцентного лидара (МФЛ ИО РАН). МФЛ использует волну возбуждения $\lambda_4 = 266\text{ нм}$ (4я гармоника излучения твердотельного лазера ЛТИ-24). Использование данной волны возбуждения позволяет использовать участок спектра 290-330нм при анализе данных о флуоресценции исследуемого объекта. В указанном диапазоне интенсивно флуоресцируют нефтепродукты, в то время как флуоресценция РОВ практически отсутствует. Это позволит разработать простые в практическом использовании алгоритмы, использующие метрики N-мерного пространства, но с точностью, сопоставимой с алгоритмами, использующие нейронные сети.

Литература

6. Л.И. Лобковский, Д.Г. Левченко, А.В. Леонов, А.К. Амбросимов. Геоэкологический мониторинг морских нефтегазоносных акваторий; Ин-т океанологии им. П.П. Ширшова. – М.: Наука, 2005. – 326 с. – ISBN 5-02-002785-5.
7. Mervin F. Fingas and Carl E. Brown. Review of Oil Spill Remote Sensing. // Spill Science & Technology Bulletin, Volume 4, Issue 4, 1997, Pages 199-208.
8. Renata Karpicz, Andrej Dementjev, Zenonas Kuprionis, Saulius Pakalnis, Rainer Westphal, Rainer Reuter and Vidmantas Gulbinas. Oil spill fluorosensing lidar for inclined onshore or shipboard operation. // Applied Optics, Volume 45, No 25, September, 2006.
9. Tatiana A. Dolenko, Victor V. Fadeev, Irina V. Gerdova, Serge A. Dolenko, and Rainer Reuter. Fluorescence diagnostics of oil pollution in coastal marine waters by use of artificial neural networks. // Applied Optics, Volume 41, No. 24, 2002.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ МОРСКИХ ВОД ЗАЛИВА НАХОДКА

Ермолицкая М.З.

*Институт проблем морских технологий ДВО РАН,
690091, Владивосток, ул. Суханова, д.5а
(423)2432587, (423)2432416, erm@marine.febras.ru*

Results of research of coastal waters state of Nakhodka Bay (Peter the Great Bay, Sea of Japan) for 2008-2011 years have shown, that anthropogenic pollution of waters of the bay continues. Index of water pollution relates the water quality in the bay to grade III - moderately polluted waters.

Залив Находка является акваторией второго порядка, расположенной на востоке залива Петра Великого Японского моря. Залив включает бухты Находка, Врангеля, Козьмина, Новицкого и другие. На берегу залива находятся четыре порта и четыре судоремонтных завода, а также расположен город Находка, являющийся одним из крупнейших и интенсивно развивающихся портов Дальнего Востока.

Основными источниками загрязнения морских вод залива Находка являются сброс сточных вод, несанкционированный сброс нефтепродуктов и стоков кораблей, а также сток реки Партизанской, которая несет сельскохозяйственные стоки и сточные воды г. Партизанска. Общий объем водных масс залива составляет $3,3 \cdot 10^9 \text{ м}^3$, из них 11,3% - доля сточных вод. По объему принимаемых стоков залив Находка занимает третье место после б. Золотой Рог и Амурского залива.

Исследование экологического состояния прибрежных вод залива Находка проводилось по данным наблюдений Центра мониторинга загрязнения окружающей среды Примгидромета и институтов ДВО РАН за период с 2008 по 2011 гг.

Качество вод по ИЗВ в заливе Находка за рассматриваемый период не изменилось и по прежнему соответствует III классу – «умеренно-загрязненные» воды.

Среднегодовые концентрации тяжелых металлов (меди, свинца, кобальта, никеля, кадмия, железа, цинка и марганца) в основном были менее 1 ПДК. Зафиксированы единичные случаи превышения ПДК (в районах, примыкающих к портам и в устье р. Партизанской).

Среднегодовая концентрация нефтепродуктов в заливе с 2008 по 2010 гг. практически не изменилась. Отмечался незначительный рост в весенний период. В 2011 г. было выявлено превышение ПДК в 1,6 раз, что в 2 раза выше, чем в аналогичный период прошлого года.

По визуальным данным на поверхности вод акватории залива Находка наблюдалась нефтяная пленка. Процент покрытия в 2009 г составил 41-60%.

Уровень загрязнения морских вод залива ртутью колебался в диапазоне 0,3-0,5 ПДК. В 2010 г. впервые было выявлено экстремально-высокое (более 5 ПДК) и высокое (от 3 до 5 ПДК) загрязнение. Экстремально-высокое загрязнение зафиксировано южнее острова Лисий и на выходе из залива Находка (10 ПДК), высокое загрязнение – в районе острова Лисий и мыса Козьмина (4,4 ПДК), в вершине бухты Находка (3,8 ПДК), в бухте Новицкого (3,3 ПДК). В 2011 г. содержание ртути в воде снизилось в 3,9 раз.

В 2008-2009 гг. наблюдалось повышение среднегодовой концентрации фенолов в 1,2 раза, а в 2011 г. произошло снижение концентрации почти в 1,9 раз, при этом превышение ПДК не выявлено.

Средние концентрации поверхностно-активных веществ (ПАВ) за весь период не превысили 1 ПДК. В весенний период 2010 г. концентрация ПАВ составляла 0,38 ПДК, в аналогичный период 2011г – 0,58 ПДК.

Кислородный режим в морских водах залива был удовлетворительным. Среднее содержание растворенного кислорода в толще вод находилось в диапазоне 8,26-9,16 мг/л. В летний период в заливе образуются участки, где уровень кислорода опускается ниже допустимой нормы - угольный пирс в б. Врангеля и б. Мусатова (5,31 и 5,67 мг/л, соответственно).

По микробиологическим данным воды залива Находка характеризуются как мезосапробные, а в летний период - как полисапробные. Зарегистрированы высокие показатели численности следующих эколого-трофических групп микроорганизмов: БГКП (коммунально-бытовое загрязнение), деструкторы нефти и дизельного топлива (показатели влияния техногенного пресса).

Таким образом, исследование современного состояния прибрежных вод залива Находка по отдельным гидрохимическим показателям выявило, что акватория залива является одним из наиболее загрязненных участков залива Петра Великого. Напряженная экологическая ситуация в заливе сложилась в результате активного антропогенного воздействия, характеризуемого смешанным типом загрязнения: техногенным и хозяйственно-бытовым.

ЧУЖЕРОДНЫЕ ВИДЫ ФАУНЫ В БИОРАЗНООБРАЗИИ И ПРОДУКТИВНОСТИ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ

Селифонова Ж.П.

ФГОУ ВПО «Морская государственная академия
им. адм. Ф.Ф. Ушакова»,
Новороссийск 353918, пр. Ленина, 93
тел./факс (8617) 71-75-25, mail@nsma.ru, selifa@mail.ru

The patterns of distribution of a new species (8 taxa): tintinnids – *Eutintinnus lusus-undae*, *E.tubulosus*, *Tintinnopsis directa*, *Amphorellopsis acuta*, *Tintinnopsis tocaninensis*; cyclopoid copepod – *O. brevicornis*; polychaeta – *Polydora cornuta*, *Streblospio gynobranchiata* have been studied in the northeastern shelf of the Black Sea.

К настоящему времени в Черном море известно 8 новых видов ракообразных инфузорий, относящихся к 4 родам – *Eutintinnus lusus-undae* Entz., 1885; *E.tubulosus* (Ostenfeld) Kof. & Campb., 1939; *E.apertus* Kof. & Campb., 1929; *Salpingella decurlata* Jorgensen, 1924; *Tintinnopsis directa* Hada, 1934; *T.nudicauda* Paulmer, 1995 (Гаврилова, 2010); *Amphorellopsis acuta* (Schmidt, 1901), *Tintinnopsis tocaninensis* Kofoed & Campbell, 1929 (Селифонова, 2011). Чужеродные виды тинтиннид ежегодно встречаются в акваториях крупных портовых городов Новороссийска, Туапсе и Севастополя. Некоторые из них появляются эпизодически, а другие, как например, *E.lusus-undae*, *E.tubulosus* и *T.directa*, – в отдельные года достигают высокой численности, вытесняя местные виды. Наибольшее количество чужеродных видов (5) отмечено в Новороссийской бухте, где доля тинтиннид в летне-осеннее время может достигать 40% суммарного количества инфузорий (Селифонова, 2011). В октябре 2010 г. в портовой акватории Новороссийской бухты и в ноябре 2010 г. в Туапсинском порту была обнаружена тинтиннида *Tintinnopsis tocaninensis*. Ее численность в Новороссийском порту колебалась от 3500 до 5500 экз./м³, в Туапсинском порту – 300–500 экз./м³. Данный вид широко распространен в неритической зоне Индийского океана, Южной Атлантике, Мексиканском заливе (Coats, Clamp, 2009), Средиземном море, но в Черном море отмечен впервые (Gavrilova,

Dolan, 2007). Помимо *T.tocantinensis* в акватории Новороссийского порта в заметных количествах ($5\ 500\ \text{экз./м}^3$) развивался другой новый для черноморской фауны вид тинтиннид – *Amphorellopsis acuta*, который широко распространен в неритической зоне Индийского океана, Южной Атлантике, Мексиканском заливе, Средиземном и Японском морях. Наиболее вероятно, что инфузории-тинтинниды попали в порты северо-восточной части Черного моря с балластными водами коммерческих судов (в Новороссийский порт из средиземноморья поступает 62% балластных вод) (Селифонова, 2009).

С 2003 г. в пробах из Новороссийской бухты обнаруживается новый для Черного моря вид циклопидной копеподы *Oithona brevicornis* Giesbrecht (Селифонова, 2009). *O. brevicornis* – широко распространенный вид прибрежных вод тропических и умеренных широт Тихого, Индийского и Атлантического океанов и Средиземного моря (Шувалов, 1980). О появлении *O.brevicornis* в Черном море стало известно в 2001 г. (Загородняя, 2002). Осенью 2006–2007 гг. численность вида в Севастопольской бухте достигала 40–50 тыс. экз./м³ – максимальных значений плотности таксоцена копепод за последние 40 лет (Altukhov, Gubanova, 2007; 2008). Два года спустя отмечено распространение вида вдоль побережья Крыма (Altukhov, 2010). В пробах зоопланктона, собранных осенью 2005 и 2006 гг. в акваториях портов Новороссийска и Туапсе, максимальная плотность *O.brevicornis* достигала 1.0–1.6 тыс. экз./м³. В оба года численность вида возрастала к концу осени, на протяжении февраля – мая вид в пробах не отмечался. В 2007–2008 гг. количество рачков оказалось неожиданно низким (даже в пик развития популяции обнаружено всего несколько половозрелых экземпляров). В октябре 2009 года *O.brevicornis* была обнаружена в балластных водах танкера «*Super Lady*», прибывшего под погрузку нефтепродуктами в Новороссийский порт из порта Амстердам (Selifonova, 2010). Ее плотность составляла 4.6 тыс. экз./м³. В популяции преобладали копеподиты и самки (20% самок имели яйцевые мешки). Мы полагаем, что экипаж судна производил дозбор балластных вод по ходу следования, поскольку в пробе балластной воды были отмечены виды зоопланктона и фитопланктона, широко распространенные в северной умеренной широте Атлантического океана, Северном, Средиземном и Черном морях. В Новороссийской бухте *O.brevicornis* была отмечена в начале октября 2009 г. при температуре 20.4°C (Селифонова, 2011). Ее количество достигало 164 экз./м³; через две недели численность вида в бухте возросла до 1.7 тыс. экз./м³, а к первой декаде ноября – до 8 тыс. экз./м³. В период наибольшего развития популяции степень

доминирования вида в общей численности мезозoopланктона достигала 50-60%. В Туапсинском порту и Геленджикской бухте численность *O.brevicornis* была на уровне 3.0-5.5 тыс. экз./м³. Ранее в районах курортных городов *O.brevicornis* не обнаруживалась. К середине декабря с понижением температуры воды до 14°C размножение *O.brevicornis* в портах и бухтах пошло на спад. По сравнению с ноябрем в Новороссийской бухте суммарное обилие вида снизилось в 5 раз. Численность вида в Анапской бухте составила <0.9 тыс. экз./м³. С конца декабря по июнь количество ойтены в планктоне составляло $\leq 0.1-0.3$ тыс. экз./м³, присутствовали в основном старшие копеподитные стадии и половозрелые особи. Самцы начинали интенсивно появляться в июне. Начало размножения ойтены приурочено к июлю, когда существенно повысилась доля самок, несущих яйцевые мешки, а ее максимальная численность возросла до 3.5 тыс. экз./м³. С конца августа до декабря ойтена всецело доминировала по численности в мезозoopланктоне, составляя 80-85% его суммарного количества. Пик численности ойтены наблюдался в сентябре 2010 г. при температуре воды 22-25°C: в Новороссийской бухте до 30 тыс. экз./м³, в Геленджикской и Анапской бухтах – до 22-25 тыс. экз./м³ в акватории о. Змеиного (Большой Утриш) – 27.6 тыс. экз./м³. Соотношение самцов и самок в это время составляло 1 CVI M : 4 CVI F, число науплиусов возросло до 39-50%, младших копеподитных стадий – до 18-25%. Риск от вселения вида пока не выяснен – это прекрасный корм для планктоноядных рыб.

В августе 2009 г. в грунтах Туапсинского порта впервые отмечен многощетинковый червь *Polydora cornuta* Bosc, 1802. Его максимальная численность достигала 103 экз./м² при средних значениях – 14.2 экз./м² (Селифонова, 2011). Личинки *P.cornuta* ведут пелагический образ жизни и могли попасть в этот район вместе с балластной водой какого-либо коммерческого судна. Этим объясняется распространение полихеты в новые районы Мирового океана. *P.cornuta* широко распространена у берегов Северной и Южной Америки, Австралии, Европы и Азии, указана в списке видов-интродуцентов Средиземного моря (Cinar et al., 2005; Dağlı, Ergen, 2008). В 1997 году ее обнаружили в прибрежных водах Румынии (Radashevsky, 2005), в 2005 г. – в южной части побережья Крыма (Болтачева, Лисицкая, 2007). Возможно также, что новый вид полидор *P.cornuta* давно проник в Чёрное море, поскольку доминирует в составе меропланктона Балаклавской бухты (Болтачева, Лисицкая, 2007). *P.cornuta* в отличие от перфоратора *P.ciliata* обитает в илистых

трубках на рыхлых грунтах или на поверхности камней и гидротехнических сооружений.

В 2001 году в эстуарной зоне Новороссийского порта с численностью 980 экз./м² отмечен новый для фауны Черного моря вид спиионид – *Streblospio gynobranchiata* Rice et Levin, 1998; в 2007 г. его количество достигло 9 тыс. экз./м² при средних значениях – 500 экз./м² (Мурина и др., 2008; Селифонова и др., 2009). Первоначально вид был идентифицирован как *Streblospio shrubsolii* (Buchanan, 1890) (Мельник, Смоляр, 2002), однако, оказалось, что по ряду морфологических признаков полихета существенно отличается от уже известного в Чёрном море вида *S.shrubsolii* (Виноградов, Лосовская, 1968; Маринов, 1977). В 2007 году *S.gynobranchiata* отмечен в Севастопольской бухте с максимальной численностью 1679 экз./м² при средних значениях – 259 экз./м² и ранее там не указан (Болтачева, 2008). Представители рода встречаются в широком диапазоне солёности: поли- и мезогалинных водах, в том числе в устьях рек (Ristich et al., 1977), но, как правило, доминируют в эвтрофированных слабосолёных водах и обладают высокой терпимостью к органическому обогащению грунтов. Высокую вероятность появления *S.gynobranchiata* в Новороссийском порту и Севастопольской бухте связывают с его антропогенной интродукцией из других прибрежных зон Мирового океана, поскольку виду присуще развитие с планктотрофной личинкой.

Таким образом, в составе фауны северо-восточного шельфа отмечено 8 чужеродных видов. Их натурализация несомненно повлияет на изменение продуктивности прибрежных вод российского сектора Черного моря.

Работа выполнена в рамках НИР ФГОУ ВПО “МГА им. адмирала Ф.Ф. Ушакова” на 2009–2011 гг. “Оценка экологических рисков натурализации чужеродных видов в моря России с водным транспортом”.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В РАЙОНАХ НАХОЖДЕНИЯ ПОДВОДНЫХ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ В РОССИЙСКОМ СЕКТОРЕ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО БАССЕЙНА

Халиков И.С.¹, Пронин А.А.²

¹ ФГБУ «НПО «Тайфун», г. Обнинск, ул. Победы, 4.

Тел/ф (48439)71884, e-mail: Khalikov@typhoon.obninsk.ru

² ИОРАН, г. Москва, Нахимовский проспект, д. 36.

Загрязнение объектов природной среды (ПС) различными токсикантами является в настоящее время одной из глобальных экологических проблем. В последние десятилетия наблюдается довольно частое возникновение чрезвычайных экологических ситуаций вследствие попадания опасных химических веществ в объекты природной среды, в том числе и морские, связанное как с подводными потенциально опасными объектами (ППОО), так и с ростом антропогенного воздействия. Очередные работы по обследованию химического загрязнения в районах нахождения ППОО в российском секторе Азово-Черноморского бассейна (РСАЧБ) проводились в июле 2011 года с борта НИС «Денеб» на основании договора № 291/11-01 от 17 июня 2011 г. между ФГБУ «НПО «Тайфун» и ИО РАН. В результате выполненных работ:

- проведен отбор 45 проб донных отложений (ДО) и 46 проб придонной воды в районах нахождения ППОО и фоновых районах РСАЧБ от г. Азов до г. Туапсе. Пробы отбирались сотрудниками ФГБУ «НПО «Тайфун», ИО РАН и ЮНЦ РАН на станциях, определенных МЧС России и ИО РАН;

- проведен анализ отобранных проб на содержание компонентов химического оружия (ХО), нефтепродуктов (НП), легколетучих ароматических углеводородов (ЛАУ), бенз(а)пирена, тяжелых металлов (ТМ), мышьяка и хлорорганических пестицидов (ХОП) методами газовой хроматографии (ГХ), высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС) и инфракрасной спектрометрии (ИКС). На основании данных химического анализа проб воды и донных отложений сделаны следующие выводы:

- анализ методом ГХ показал отсутствие в 46 пробах придонной воды РСАЧБ иприта, люизита и продуктов его трансформации.

Предел обнаружения иприта в воде составлял 0,015 мкг/л, люизита и продуктов его трансформации – 0,075 мкг/л;

- концентрация As составила от 5,4 до 13,0 мг/кг (среднее 8,6 мг/кг, n=45). Максимальное количество мышьяка 13,0 мг/кг обнаружено в пробе ЧАМ-07-S (юго-восточная часть Азовского моря). В этом районе с преобладанием плотных илов наблюдается несколько повышенное содержание мышьяка по сравнению с другими пробами;

- придонная вода обследуемых районов РСАЧБ «умеренно загрязнена» нефтяными углеводородами. Концентрация нефтепродуктов в 46 пробах придонной воды составила от менее 0,01 мг/л до 0,07 мг/л, что соответствует от менее 0,2 до 1,4 ПДК (ПДК рыб.-хоз. – 50 мкг/л). Максимальная концентрация нефтяных углеводородов в придонной воде (0,07 мг/л) обнаружена в пробе ЧАМ-01-SW (Центральная часть Азовского моря, затонувшее судно «Агиос Николеус»). Из 46 проб придонной воды в 8 пробах обнаружена концентрация НП равная ПДК или её превышает;

- концентрация НП в 45 пробах донных отложений составила от 10 до 118 мг/кг. Повышенная концентрация НП (в 2 раза больше средней концентрации 49 мг/кг (n=45)) наблюдалась на выходе из Цемесской бухты в пробах ЧАМ-26-S (район Мысхако, буксир «Симеиз»), ЧАМ-27-S, ЧАМ-29-S («Адмирал Нахимов») и ЧАМ-30-S. Обнаружены более низкие концентрации нефтепродуктов в пробах донных отложений центральной части Азовского моря, района мыса Панагия, выхода из Керченского пролива в Черное море, где, однако, наблюдали довольно высокое содержание НП в придонной воде;

- определение легколетучих ароматических углеводородов (бензола, толуола, этилбензола, ксилолов, кумола, хлорбензола и стирола), проводили методом капиллярной ГХ. Из 8 определяемых соединений этой группы концентрация стирола во всех 46 пробах придонной воды РСАЧБ находилась ниже предела обнаружения используемого метода анализа (менее 0,001 мг/л). Частота обнаружения бензола в придонной воде обследуемой акватории составила 17%, толуола – 30%, этилбензола – 15%, п-ксилола – 17%, о-ксилола – 13%, кумола – 11% и хлорбензола – 24%. Концентрация бензола в 8 пробах придонной воды составила от 0,001 до 0,003 мг/л (от 0,1 до 0,3 ПДК по гигиеническим нормативам); толуола в 14 пробах – от 0,001 до 0,020 мг/л (от 0,002 до 0,04 ПДК); п-ксилола в 8 пробах – от 0,001 до 0,005 мг/л (от 0,02 до 0,1 ПДК); о-ксилола в 6 пробах – от 0,001 до 0,0048 мг/л (от 0,02 до 0,1 ПДК); кумола в 5 пробах – от 0,001 до 0,005 мг/л (от 0,01 до 0,05 ПДК). Используя

рыбохозяйственные значения ПДК, определили превышение ПДК (от 1 до 4) для этилбензола в 7 пробах, и для хлорбензола в 11 пробах от 1 до 5,3 ПДК. Большинство ЛАУ было обнаружено в Керченском проливе, северо-восточной части Черного моря и напротив г. Новороссийска, в тех местах, где на рейде отстаиваются большое число судов. В пробах Азовского моря ЛАУ практически не были обнаружены;

- концентрация бенз(а)пирена в донных отложениях РСАЧБ составила от 0,2 до 2,8 мкг/кг (среднее 1,1 мкг/кг). Максимальные количества бенз(а)пирена (больше 2,0 мкг/кг) обнаружены в пробах на выходе из Новороссийской бухты и в пробах ЧАМ-39-S (п. Джубга) и ЧАМ-43-S (г. Туапсе). Средняя концентрация БаП в донных отложениях Черного моря (1,4 мкг/кг, n=27) примерно в 2,3 раза больше, чем средняя концентрация бенз(а)пирена в отложениях Азовского моря и Керченского пролива (0,6 мкг/кг, n=18). Пространственное распределение БаП в донных отложениях обусловлено сорбционными свойствами осадков, наиболее высокое содержание бенз(а)пирена отмечалось в мелкодисперсных илах как в Азовском, так и в Черном море. Нами обнаружена весьма высокая корреляция (коэффициент корреляции 0,73; n=45) между суммарным содержанием нефтепродуктов и концентрацией бенз(а)пирена в донных отложениях РСАЧБ;

- методом ААС показано, что концентрации тяжелых металлов в ДО обследованных мест РСАЧБ довольно низки и не превышают их средних фоновых концентраций в других морях Российской Федерации. Концентрация кадмия в 45 пробах донных отложений российского сектора Азово-Черноморского бассейна составила от менее 0,01 до 0,33 мг/кг; свинца – от 4,5 до 29,4 мг/кг (среднее 17,7 мг/кг); цинка – от 7,2 до 98,2 мг/кг (среднее 54,1 мг/кг); меди – от 2,8 до 42,7 мг/кг (среднее 22,2 мг/кг); никеля – от 2,4 до 51,1 мг/кг (среднее 22,4 мг/кг); железа – от 2000 до 31100 мг/кг (среднее 15355 мг/кг); марганца – от 115 до 827 мг/кг (среднее 404 мг/кг); хрома – от 7,0 до 48,2 мг/кг (среднее 22,0 мг/кг) и ртути – от 0,012 до 0,123 мг/кг (среднее 0,065 мг/кг). Повышенное содержание всех ТМ отмечено в плотных илистых осадках юго-восточной части Азовского моря и Темрюкского залива. Возрастание концентрации ТМ в ряду пески-алевриты-илы подчиняется общей геохимической закономерности. Обнаружена высокая прямая корреляция для 45 проб донных отложений в порядке убывания между Fe и Cr (r=0,97); Fe и Ni (r=0,96); Pb и Zn (r=0,96); Cr и Ni (r=0,96); Zn и Ni (r=0,95); Fe и Zn (r=0,95); Cr и Zn (r=0,94); Cu и Zn (r=0,92); Cu и Pb (r=0,92); Pb и Ni

($r=0,87$); Pb и Fe ($r=0,87$); Pb и Cr ($r=0,86$); Cu и Ni ($r=0,84$); Cu и Fe ($r=0,84$); Cu и Cr ($r=0,83$); и средняя корреляция между Zn и Hg ($r=0,69$); Ni и Hg ($r=0,69$); Cu и Hg ($r=0,68$); Pb и Hg ($r=0,67$); Cr и Hg ($r=0,63$); Fe и Hg ($r=0,62$); Cu и Mn ($r=0,55$); Zn и Mn ($r=0,51$); Pb и Mn ($r=0,51$). Согласно зарубежным системам (Норвегия, Швеция) 5-уровневой классификации загрязненности донных отложений тяжелыми металлами и мышьяком, все пробы осадков, отобранные у ППОО и в фоновых районах РСАЧБ, относятся к 1 классу («незагрязнены/незначительно загрязнены») и 2 классу («умеренно загрязнены»);

- методом газовой хроматографии провели анализ 18 проб придонной воды, отобранных в обследуемых районах РСАЧБ, на приоритетные хлорорганические пестициды - (альфа-, бета- и гамма-изомеры гексахлорциклогексана; 4,4'-дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ) ; 4,4'-дихлордифенилхлорэтилен (ДДЭ); 4,4'-ихлордифенилдихлорэтан (ДДД)). В результате проведенной работы нами не были обнаружены ХОП в придонной воде обследуемых районов (предел обнаружения 0,005 мкг/л).

На основании результатов исследований химического загрязнения приоритетными загрязняющими веществами (НП, ЛАУ, бенз(а)пиреном, ХОП, ТМ, мышьяком и компонентами ХО) можно сделать вывод о достаточно «удовлетворительной» экологической обстановке в обследуемых районах РСАЧБ. Случаев достижения уровней высокого и экстремально высокого уровня загрязнения на контролируемой акватории в 2011 г. не отмечалось. По данным мониторинга загрязнение морской среды в основном носит локальный характер. Наиболее сильному загрязнению подвергаются районы, испытывающие наибольшую техногенную нагрузку.

Работы по поиску и обследованию ППОО, оценке их влияния на экологическую обстановку, а также проведение мониторинга химического загрязнения морской среды необходимо продолжать, чтобы исключить в дальнейшем возникновение непредвиденных чрезвычайных ситуаций.

ОЦЕНКА КОРМОВОЙ БАЗЫ МАЛЬКОВ ОСЕТРОВЫХ В РАЙОНЕ УСТЬЕ – КУРЫ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Джалилов Анвар Гойджа оглы

*Национальная Академия Наук Азербайджана, AZ1073,
Азербайджанская Республика, город Баку, проезд 1128,
квартал 504, тел.: +994 12 539-73-71, факс: +994 12 539-
73-53, email: anvarj@mail.ru*

Acipenseridae babies pass to the Caspian Sea from rank of the Kur region. This must be rich part of the sea with food in the therefore. This has been learnt zooplankton composition and quantity number of kind of the region. Food Cladocera and Copepoda organize the zooplankton basic part here. This are groups food zooplankton basic components.

Последствия глобальных климатических изменений в Каспийском море тоже ощущаются. Инвазия и массовое развитие теплолюбных видов в Каспии, параллельно исчезновение эндемических видов - результат глобальных климатических изменений. Этот процесс прямо или косвенно влияет на распределение Каспийского зоопланктона. В новой экологической ситуации теплолюбные виды, занимая новые ареалы, притесняют местные эндемические виды. Примером этого можно указать инвазию *Mnemiopsis leidyi* в Каспийское море. После инвазии *M.leidyi* в Каспии заметно снизилась биомасса зоопланктона, и обеднел видовой состав. Это в свою очередь привело к сокращению рыбных запасов Каспийского моря (Джалилов, 2008). В первую очередь из рыб уменьшающихся запасов надо отметить осетровых. Осетровые рыбы Каспия являются проходными рыбами. Для размножения они поднимаются против течений Куры до Варваринского водохранилища. После рождения в реке Куре они тут же скатываются в море остальную часть жизни, вплоть до наступления половой зрелости, проводят в море. Ход мальков осетровых в Каспии проходит через Устье–Куры. Кроме того искусственно разведенные в рыбных заводах мальки осетровых тоже опускаются в море через Устье–Куруинской частей Каспийского моря. Поэтому, обеспеченность пищей этот частей моря во многом определяет дальнейшую судьбу мальков. Молодью рыб изымается от 50 до 70% продукции зоопланктона (Науменко,

2010). По этой причине оценка кормовых ресурсов Устье–Куринской части Каспийского моря очень актуально.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Была собрана пробы зоопланктона в районе Устье – Куры для оценки кормовой базы мальков осетровых. Пробы зоопланктона собраны в районе Устье – Куры Каспия вертикальным и горизонтальным ловом с сетью Джеди для планктона и сохранены 4% формалине. Пробы собирався летом, и обрабатывался в условиях лаборатории. Обработка пробы зоопланктона осуществилась общепринятой гидробиологии методикой (Яшнов,1939; Богоров,1957).

Гидрографией была сделано образцы воды для получения вертикальных профилей температуры и солености. Эти параметры определялся в местах опробования качества воды и наблюдения повторялся несколько раз во время экспедиции. В течение полгода осуществлялся, программа научно-исследовательских работ, с тем, чтобы выяснить, могут ли быть разработаны подходящие технологии, способствующие соответственно экономическим стандартам.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Летом 2011 г. Уст–Куринском района Каспийского моря в разрезе Севере – Восточного Култуке Устье Куры отмечен 28 зоопланктонных организмов из групп: Rotatoria, Cladocera, Copepoda и «Прочие» (рис.1). Из них группы Cladocera, Copepoda и частично «Прочие» относится к кормовой базе мальков осетровых. Группа Rotatoria состоит из двух видов (*Trichocerca caspica caspica* и *Asplanchna priodonta priodonta*). Ветвистоусые ракообразных (Cladocera) представлено из 16 видов и форм. В группе Cladocera по численности и биомассе доминирует *Pleopis polyphemoides* и *Evadne anonyx typica*. Средняя численность ветвистоусых ракообразных составила 21827 экз/м³, а биомасса 439,86 мг/м³. Численность веслоногих ракообразных (Copepoda) была 11025 экз/м³, а биомасса 358,80 мг/м³. Представитель веслоногих рачков *Acartia clausi* доминирует в зоопланктоне. Средняя численность личинок беспозвоночных составила 9620 экз/м³, а биомасса 48,61 мг/м³. В этом группе доминирует личинки *Balanus*. Средняя численность зоопланктона в разрезе Севере – Восточного Култуке Устье Куры была 47013 экз/м³, а биомасса 851,81 мг/м³.

В разрезе Южно – Восточном Култуке Устье Куры Каспийского моря летом в 2011-ом году встречен 31 видов и форм зоопланктона из групп Rotatoria, Cladocera, Copepoda и «Прочие» (рис.2). В этом разрезе тоже по численности и биомассе доминировали ветвистоусые рачки, на втором месте по численности и биомассе были

веслоногие рачки. Ветвистоусые и веслоногие достигали своего максимума по биомассе и численности на первом станции разреза.

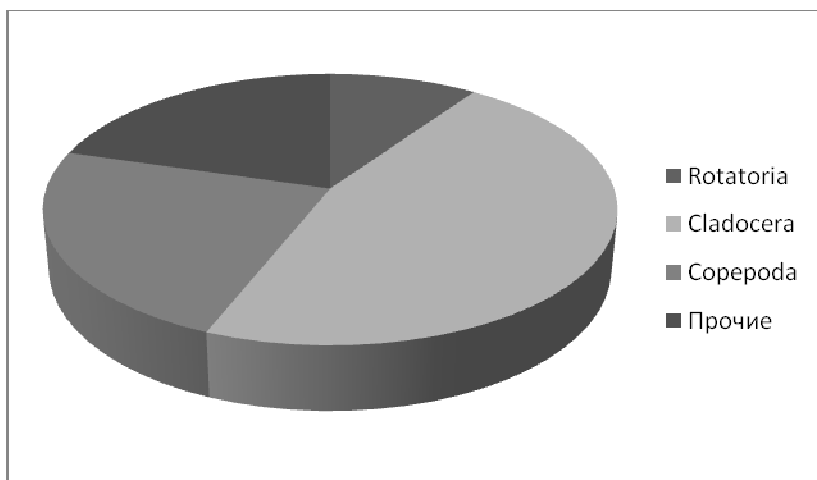


Рис. 1. Распределение зоопланктона по группам на разрезе Севере – Восточного Култуке Устье Куры июне в 2011 г. экз/м³

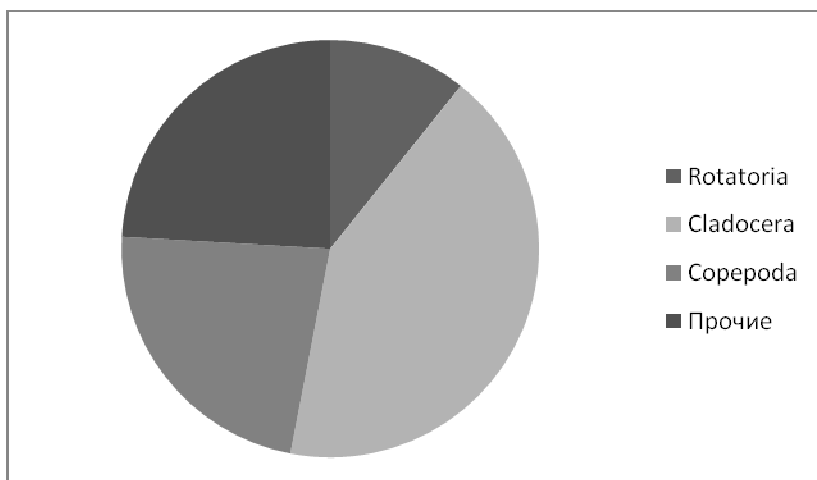


Рис. 2. Распределение зоопланктона по группам на разрезе Южно – Восточного Култуке Устье Куры июне в 2011 г. экз/м³

Средняя численность зоопланктона в разрезе Южно – Восточном Култуке Устье Куры составила 42857 экз/м^3 , а биомасса $771,64 \text{ мг/м}^3$.

Была оценена существующая обстановка для естественного восстановления запасов осетровых, в первую очередь кормовая база мальков. Основу кормовую биомассы здесь определяют ветвистоусые ракообразные и веслоногие ракообразные. Биомасса кормового зоопланктона на разрезе Севере – Восточного Култуке Устье Куры составляет $798,66 \text{ мг/м}^3$, а Южно – Восточного Култуке Устье Куры $725,81 \text{ мг/м}^3$. Основным компонентом кормового зоопланктона являются *Acartia clausi*, *Pleopis polyphemoides*, *Evadne anonychus typica* и *Podonevadne trigona typica*.

В настоящее время восстановление запасов осетровых ведется в основном искусственным методом в рыборазведенных заводах. Но, адаптация мальков в естественных условиях, пущенных в море, и выращенных в рыборазведенных заводах идет очень сложно. Поэтому надо оценивать возможности естественного восстановления запасов осетровых Каспийского моря и устранить имеющиеся препятствия. Нами предложено осуществление научно обоснованного естественного воспроизведения осетровых рыб. В течение последних лет в прикаспийских странах, включая Азербайджан для искусственного воспроизведения запасов осетровых рыб, много сделано. Несмотря на это запасы осетровых рыб в Каспии все дальше и больше снижаются. Поэтому, необходимо отодвигать на первый план концепции создания условий для естественного воспроизводства осетровых Каспия.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Фонда Развития Науки при Президенте Азербайджанской Республики – Грант № EIF-2010-1(1)-40/19-3.

Литература

1. Богоров В.Г. Стандартизации морских планктонных исследований. //Тр. Института Океанологии АН СССР, 1957, 24, С.200-207.
2. Джалилов А.Г. Распределение зоопланктона в юго-западном районе Каспийского моря. // Мат. докл. Межд. научно – практ. конф. «Комплексный подход к проблеме сохранения и восстановления биоресурсов Каспийского бассейна». 13 – 16 октября 2008 г., Астрахань, Россия, с. 205 – 208.

3. Науменко Е.Н. Структурно – функциональная организация зоопланктона Вислинского залива Балтийского моря. Калининград: АтлантНИРО, 2010, 198 с.
4. Яшнов В.А. Инструкция по сбору и обработка планктона Ленинград, 1939, 41 с.

ЗОНЫ АНАЭРОБНОГО ЗАРАЖЕНИЯ В АЗОВСКОМ МОРЕ

Чистяков А.Е.

Технологический институт Южного федерального университета в г. Таганроге, E-mail: cheese_05@mail.ru

The work is devoted to developing a mathematical model of hydrodynamic processes in shallow waters on the example of the Azov Sea, and allocation of sites of anaerobic infection.

Азовское море расположено на юго-западе России и имеет максимальную протяженность с севера на юг 250 км, с запада на восток 350 км, а максимальная глубина – 14 м. Экологическая система мелководных водоемов представляет собой сложную многопараметрическую систему, процессы, протекающие в ней, являются пространственно-трехмерными и нестационарными и имеют существенно нелинейный характер.

Уравнения модели движения жидкости рассматриваются в прямоугольной области геоинформационной системы Азовского моря. Направим оси Ox и Oy в горизонтальном направлении с запада на восток и с севера на юг соответственно. Ось Oz направим вертикально вниз.

Исходными уравнениями гидродинамики мелководных водоемов являются [1]:

– уравнение движения (Навье – Стокса):

$$\begin{aligned}
 u'_t + uu'_x + vu'_y + wu'_z &= -\frac{1}{\rho} p'_x + \\
 &+ (\mu u'_x)'_x + (\mu u'_y)'_y + (\mu u'_z)'_z + 2\Omega(v \sin \theta - w \cos \theta), \\
 v'_t + uv'_x + vv'_y + wv'_z &= -\frac{1}{\rho} p'_y +
 \end{aligned}$$

$$+(\mu v'_x)'_x + (\mu v'_y)'_y + (v v'_z)'_z - 2\Omega u \sin \theta, \quad (1)$$

$$w'_t + u w'_x + v w'_y + w w'_z = -\frac{1}{\rho} p'_z +$$

$$+(\mu w'_x)'_x + (\mu w'_y)'_y + (v w'_z)'_z + 2\Omega u \cos \theta;$$

– уравнение неразрывности в случае переменной плотности запишется следующим образом:

$$\rho'_t + (\rho u)'_x + (\rho v)'_y + (\rho w)'_z = 0, \quad (2)$$

где $\bar{V} = \{u, v, w\}$ – компоненты вектора скорости, p – превышение давления над гидростатическим давлением невозмущенной жидкости, ρ – плотность, Ω – угловая скорость вращения земли, θ – угол между вектором угловой скорости и вертикалью, μ, v – горизонтальная и вертикальная составляющие коэффициента турбулентного обмена.

Система уравнений (1) – (2) рассматривается при следующих граничных условиях:

$$\begin{aligned} & \text{– на входе (устье рек Дон и Кубань) –} \\ & u(x, y, z, t) = u(t), \quad v(x, y, z, t) = v(t), \quad p'_n(x, y, z, t) = 0, \\ & \text{– боковая граница (берег и дно) –} \\ & \rho_v \mu u'_n(x, y, z, t) = -\tau'_x(t), \quad \rho_v \mu v'_n(x, y, z, t) = -\tau'_y(t), \\ & \rho_v \mu w'_n(x, y, z, t) = -\tau'_z(t), \quad V_n(x, y, z, t) = 0, \quad p'_n(x, y, z, t) = 0, \\ & \text{– верхняя граница –} \\ & \rho_v \mu u'_n(x, y, z, t) = -\tau'_x(t), \quad \rho_v \mu v'_n(x, y, z, t) = -\tau'_y(t), \\ & \rho_v \mu w'_n(x, y, z, t) = -\tau'_z(t), \quad w(x, y, t) = -\omega - p'_t / \rho g, \quad p'_n(x, y, t) = 0, \\ & \text{– на выходе (Керченский пролив) –} \\ & p'_n(x, y, z, t) = 0, \quad V'_n(x, y, z, t) = 0, \end{aligned} \quad (3)$$

где ω – интенсивность испарения жидкости, τ'_x, τ'_y – составляющие тангенциального напряжения (закон Ван-Дорна), ρ_v – плотность взвеси. Также должны быть заданы начальные условия.

Составляющие тангенциального напряжения для свободной поверхности:

$$\tau'_x = \rho_a C_p (|\vec{w}|) w_x |\vec{w}|, \quad \tau'_y = \rho_a C_p (|\vec{w}|) w_y |\vec{w}|,$$

где $\vec{w}$ – вектор скорости ветра относительно воды, ρ_a – плотность атмосферы,

$$C_p(x) = \begin{cases} 0.0088, & x < 6,6 \text{ м/с} \\ 0.0026, & x \geq 6,6 \text{ м/с} \end{cases} \text{ — безразмерный коэффициент.}$$

Составляющие тангенциального напряжения для дна с учетом введенных обозначений могут быть записаны следующим образом:

$$\tau_x = \rho C_p (|\bar{u}|) u |\bar{u}|, \quad \tau_y = \rho C_p (|\bar{u}|) v |\bar{u}|.$$

Рассмотренная ниже аппроксимация позволяет на основании измеренных пульсаций скоростей строить коэффициент вертикального турбулентного обмена, неоднородный по глубине[2]:

$$\nu = C_s^2 \Delta^2 \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{\partial \bar{U}}{\partial z}\right)^2 + \left(\frac{\partial \bar{V}}{\partial z}\right)^2}, \quad (4)$$

где $\bar{U}, \bar{V}$ – осредненные по времени пульсации горизонтальных компонент скорости, Δ – характерный масштаб сетки, C_s – безразмерная эмпирическая константа, значение которой обычно определяется на основе расчета процесса затухания однородной изотропной турбулентности.

Составляющие тангенциального напряжения для дна с учетом введенных обозначений могут быть записаны следующим образом:

$$\tau_x = \rho C_p (|\bar{u}|) u |\bar{u}|, \quad \tau_y = \rho C_p (|\bar{u}|) v |\bar{u}|.$$

Аппроксимация задачи по времени производилась при помощи схем расщепления по физическим процессам[3]. На основе метода баланса[4] получена конечно-разностная аппроксимация задачи (1)-(4), при этом принималось, что ячейки могут быть частично заполненными[5]. Для решения сеточных уравнений применен адаптивный попеременно-треугольный метод[6-8].

На рис. 1 приведена картина установившихся течений при восточном ветре. Палитрой показана интенсивность течений. Из рисунка видно наличие вихревой структуры течения в восточной части Азовского моря, в данном районе вода богата органическими примесями, источниками которых являются реки Дон и Кубань. При наличии замкнутого вихревого движения водной среды значительное количество органических веществ попадает в захват этого района и, опускаясь на дно, образует органический осадок[9]. В этих зонах при возникновении термической стратификации, типичной для второй половины лета, начинается интенсивное окисление образовавшегося осадка с одновременным уменьшением концентрации кислорода, что приводит к появлению участков анаэробного заражения.

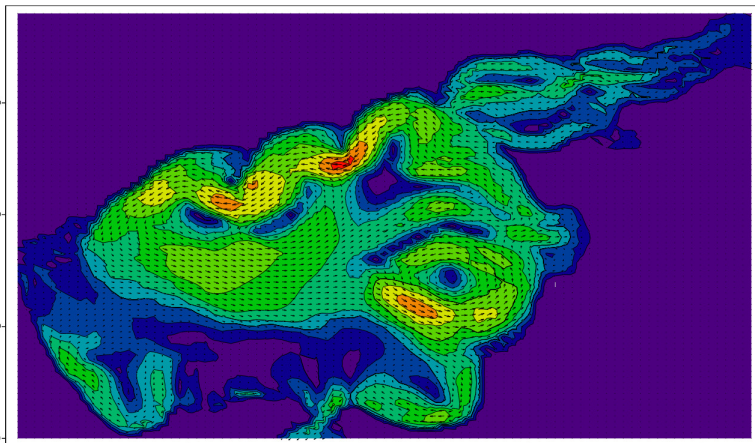


Рис.1. Поле вектора скорости движения водной среды при восточном ветре 5 м/с (баротропные течения)

Литература

1. Сухинов А.И., Чистяков А.Е., Алексеенко Е.В. Численная реализация трехмерной модели гидродинамики для мелководных водоемов на супервычислительной системе". Математическое моделирование. 2011. Т. 23, № 3. – С.3-21.
2. Белоцерковский О. М. Турбулентность: новые подходы - М.: Наука, 2003.
3. Белоцерковский О. М., Гуцин В. А., Щенников В. В.. Метод расщепления в применении к решению задач динамики вязкой несжимаемой жидкости. Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 15:1 (1975), 197–207.
4. Самарский А.А. Теория разностных схем. М. Наука, 1989.
5. Сухинов А.И., Тимофеева Е.Ф., Чистяков А.Е. Построение и исследование дискретной математической модели расчета прибрежных волновых процессов. Известия ЮФУ. Технические науки. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2011, №8(121). С 22-32.
6. Самарский А.А., Николаев Е.С. Методы решения сеточных уравнений. М. Наука, 1978.
7. Коновалов А.Н. К теории попеременно - треугольного итерационного метода// Сибирский математический журнал, 2002, 43:3, с. 552-572.
8. Чистяков А.Е. Теоретические оценки ускорения и эффективности

параллельной реализации ПТМ скорейшего спуска// Известия ЮФУ. Технические науки. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010, №6(107). С 237-249.

9. Сухинов А.И., Е.В.Якушев. Комплексные океанологические исследования Азовского моря в 28-м рейсе научно-исследовательского судна «Акванавт», Океанология, 2003, т. 43, №1, с.44-53.

РАЗРАБОТКА ПРОСТРАНСТВЕННО-НЕОДНОРОДНОЙ ИМИТАЦИОННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ БИОТРАНСФОРМАЦИИ ФОРМ АЗОТА, ФОСФОРА И ДИНАМИКИ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА В ВОДАХ НЕВСКОЙ ГУБЫ ФИНСКОГО ЗАЛИВА

Подгорный К.А.¹, Леонов А.В.²

*1 Учреждение Российской Академии наук Институт
биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. 152742
пос. Борок, Некоузский р-он, Ярославская обл., Россия.*

Факс: 8-(48547)-24042. E-mail: kap@ibiw.yaroslavl.ru

*2 Учреждение Российской Академии наук Институт
океанологии им. П.П. Шишова РАН.*

117997 Москва, Нахимовский проспект, 36.

Факс: 8-(499)-1245987. E-mail: leonov@ocean.ru

Spatially heterogeneous simulation model was developed for the study of ecological processes in the Neva Bay. Basic qualitative and quantitative features were identified to explain spatial heterogeneous and time changeability in distribution of biogenic substances.

Принятие оптимальных управленческих решений в настоящее время требует создания и развития комплексных экосистемных математических моделей, баз данных и интерактивных систем принятия решений. Именно они являются необходимой основой для изучения, анализа и прогнозирования состояния водных экосистем.

В морских экологических исследованиях к настоящему времени уже накоплено и продолжает накапливаться огромное количество все еще плохо систематизированных, нередко противоречащих друг другу фактов. При этом имеется резкое несоответствие между степенью

детальности изученности структуры экосистемы и механизмами ее функционирования. Разные структурные уровни морских водных экосистем в настоящее время изучены крайне неравномерно. Однако именно выполнение требования полноты и равномерности изучения объекта на различных уровнях его организации имеет важнейшее значение - как для системных исследований, так и для решения задач математического моделирования, управления и прогноза.

Во многих случаях современные натурные исследования по биогидрохимии морской среды часто ограничиваются отдельными аналитическими определениями концентраций ее химических и биологических параметров. Вместе с тем, всесторонняя оценка современного биогидрохимического потенциала и экологического состояния морской среды для морей России – крайне важная и актуальная геоэкологическая проблема, которая должна изучаться на стыке ряда естественных наук с использованием методологии системного анализа и математического моделирования.

К настоящему времени для Невской губы (НГ) Финского залива уже имеется определенный опыт разработки математических моделей различного типа и назначения. Вместе с тем пока преждевременно говорить о создании единой и экологически полноценной модели экосистемы НГ, способной служить инструментом для решения первостепенных экологических задач.

Обзор работ, имеющих прямое отношение к разработкам математических моделей отдельных процессов в НГ или в целом модели ее экосистемы, показал, что эти работы не объединены ни общей задачей, ни общей целью, а решают свои узконаправленные задачи. Оценок воздействий на экосистему акватории в этих моделях, как правило, нет. При этом совершенно нет исследований, относящихся к моделированию внутри- и межгодовой динамики наиболее важных компонентов экосистемы НГ. **Цель данной работы** состояла в том, чтобы разработать пространственно-неоднородную имитационную математическую модель для исследования процессов биотрансформации форм азота, фосфора и динамики растворенного кислорода в водах НГ и затем с ее помощью провести изучение взаимосвязанного комплекса гидрологических, гидрохимических, биохимических, экологических процессов, условий и особенностей формирования сырьевой базы и биопродуктивности акватории НГ.

Модель включает в себя несколько основных блоков. Гидродинамический блок рассчитывает нестационарное, пространственно-неоднородное и осредненное по вертикали поле течений при численном интегрировании системы уравнений Сен-

Венана (без учета турбулентного перемешивания), гидротермический блок – значения фотопериода, составляющих теплового баланса и температурного режима, гидрооптический блок – оптические характеристики водной среды. Биохимический блок воспроизводит совместную биотрансформацию форм N и P, которые поступают в акваторию Невской губы со сточными водами и стоком рек, а также в результате взаимодействия переменных в меняющихся условиях при совместном воздействии природных и антропогенных факторов.

Модель 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 – гетеротрофного бактериопланктона (B_N и B_P), фитопланктона (F_N и F_P), простейших (Pr_N и Pr_P) и зоопланктона (Z_N и Z_P), а также растворенного в воде O_2 .

Предлагаемая модель обладает следующими важными преимуществами перед другими имеющимися разработками:

- модель и все ее блоки разрабатывались системно, объединены общей задачей и целью, их структура сформирована с учетом всестороннего анализа и синтеза имеющихся данных (многолетние гидрологические, гидрохимические и гидробиологические наблюдения, сведения об источниках биогенных веществ (БВ), основных путях их трансформации). Таким образом, в предлагаемой экосистемной модели реализован принципиальный вывод о необходимости совместного моделирования динамики компонентов биологической системы и среды ее функционирования;
- модель позволяет исследовать наиболее важные особенности пространственной, внутри- и межгодовой динамики и изменчивости состояния экосистемы НГ, закономерности процессов трансформации и круговорота важнейших соединений биогенных элементов (N и P, а затем, при дальнейшей доработке модели, - N, P, C и Si) и динамики растворенного в воде кислорода;
- модель фактически воспроизводит переходные процессы и описывает реакцию водной экосистемы НГ на изменения условий среды (на изменения одного или нескольких факторов – температуры воды, водного режима, освещенности, биогенной нагрузки, влияния комплекса защитных сооружений);

- модель позволяет решать целый комплекс задач совместного изучения гидрологического режима НГ и условий загрязнения ее водной экосистемы. К наиболее важным задачам можно отнести исследование механизмов формирования застойных зон, определение скоростей окислительной трансформации веществ в водной среде, тенденций евтрофирования акватории и реакции водной экосистемы на возрастание биогенной нагрузки, всестороннюю оценку потенциала самоочищения водной среды, режимов пространственно-временной изменчивости концентраций БВ. Предложенный химико-кинетический аппарат позволяет изучать сложные биохимические, химические и физико-химические процессы и осуществлять математическое моделирование биотрансформации БВ;
- структура модели открыта и позволяет проводить доработку существующих ее блоков и вводить в модель новые блоки при ее усовершенствовании.

Выполненные расчеты на модели показали, в частности, что экосистема НГ – чрезвычайно изменчивая во времени и по пространству динамическая система. Для многих важных показателей качества воды (например, концентраций NH_4^+ , NO_2^- , DIP) сложно выявить устойчивую временную динамику и установить определенные, статистические достоверные закономерности.

Результаты моделирования и данные наблюдений свидетельствуют о том, что значения средних концентраций БВ для одного и того же периода времени в разные годы могут отличаться в несколько раз. Также могут быть значительными и межгодовые различия дисперсий их концентраций. Формирование неоднородного распределения концентраций компонентов экосистемы НГ происходит под влиянием совместного действия ряда биотических и абиотических факторов, значимость которых существенно изменяется по пространству и во времени. Это лишний раз свидетельствует о том, что нужно весьма осторожно подходить к оценкам экологического состояния данного водного объекта, зачастую выполняемым по отдельным эпизодическим и разрозненным наблюдениям без соблюдения принципов системного анализа.

Расчеты на модели показали также, что содержание соединений N и P в воде НГ не может ограничивать увеличение биопродуктивности этой акватории. Вклад первичной продукции фитопланктона в общее поступление органического вещества невелик, что, скорее всего, связано с достаточно низкой прозрачностью воды в НГ. Результаты моделирования и данные наблюдений

свидетельствуют о том, что основная причина интенсивного развития гетеротрофных микроорганизмов в водах НГ – значительное поступление аллохтонного органического вещества из внешних источников.

Данные моделирования позволили дать предварительную оценку возможного влияния строящегося комплекса защитных сооружений (КЗС) г. Санкт-Петербурга от наводнений на пространственно-временную динамику полей химических и биологических компонентов в экосистеме НГ. Показано, что при открытии всех водопропускных и судопропускных отверстий влияние КЗС в целом невелико. Оно во многом зависит от текущих гидрометеорологических условий и гидрологической ситуации в губе и если проявляется, то на расстоянии не более 2–5 км от КЗС. При этом в зонах, примыкающих к КЗС, концентрации БВ могут достоверно различаться по своим статистическим характеристикам от аналогичных значений концентраций БВ в естественных условиях.

ПЛАНКТОННЫЕ КОЛОВРАТКИ КЕРЧЕНСКОГО ПРОЛИВА (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОМПЛЕКСНОЙ ЭКСПЕДИЦИИ, АВГУСТ 2008 г.)

Свистунова Л.Д.

*Учреждение Российской академии наук Институт
аридных зон Южного научного центра РАН, 344006,
Ростов-на-Дону, Чехова, 41; тел. (863) 250-98-06,
e-mail: lds@ssc-ras.ru.*

A modern condition of planktonic rotifers in Kerch strait is described, based on August 2008 expedition results. Data on species composition and abundance of planktonic rotifers are presented with special emphases to temperature and salinity relations.

Экосистеме Керченского пролива свойственны особенные качества (в частности, обособленность), не типичные для экосистем вод прилегающих морских акваторий Черного и Азовского морей. Сложившиеся межгодовые тенденции в атмосферной циркуляции стали причиной общего ослабления водообмена через пролив и обусловили преобладание влияния Азовского моря. Это способствовало повышению температуры воды, снижению солености,

усилению вертикальной стратификации поля плотности и усилению степени загрязненности вод пролива (Матишов и др. 2005; Спиридонова, 2009).

В августе 2008 г. в ходе экспедиции ЮНЦ РАН было проведено исследование планктонных коловраток в Керченском проливе. Пробы микрозоопланктона отбирались с поверхности моря объемом 1,5 л. На глубоководных станциях (более 2.0 м) отбирались интегрированные пробы. В открытой части Керченского пролива, а также на трех станциях Таманского залива были отобраны пробы с двух горизонтов (поверхность и дно) с помощью батометра Молчанова (Рис. 1). Использовалась методика осадочного планктона (Киселев, 1956). Одновременно на всех станциях выполнялось профилирование СТД - зондом SEACAT SBE 19 и проводились метеонаблюдения: температура воздуха, влажность, сила и направление ветра и др.

Исследуемый район является зоной смещения вод Азовского и Черного морей. В период проведения работ преобладающими были ветры северных румбов, способствующие поступлению вод из Азовского моря в открытую часть Керченского пролива. Соленость находилась в пределах от 10.7 (в северо-восточной части пролива) до 17.9 ‰ (в придонном горизонте юго-западной части Керченского пролива). Таманский залив был более подвержен влиянию черноморских вод. Температура воды изменялась от 26.0 до 29.4 °С, температура воздуха находилась в диапазоне от 27,7 до 31, 7°С

Определены качественные и количественные характеристики планктонных коловраток. Всего в исследованном районе нами было зарегистрировано 6 видов планктонных коловраток: *Trichocerca marina* (Daday, 1890), *Keratella quadrata* (O. F. Muller, 1786), *Keratella cochlearis* (Gosse, 1851), *Hexarthra fennica* (Levander, 1892). *Eosphora ehrenbergi* Weber, 1918, *Notholca squamula* (Müller, 1786).

T. marina – морская коловратка известная, главным образом, в Черном море, по нашим исследованиям прошлых лет, широко распространена и в Азовском море. В данный исследуемый период была отмечена на всех станциях.

K. quadrata и *K. cochlearis* - пресно-солонатоводные виды встречались единичными экземплярами в Керченском проливе лишь у косы Чушка.

H. fennica, вид, характерный для пелагиали, нами был отмечен как в пелагиали, так и в прибрежной зоне. Распространение этой коловратки наблюдалось только в Таманском заливе, плотность ее не превышала 1–2 экз./л.

Хищная коловратка *E. ehrenbergi*, согласно литературным данным, являющаяся литоральным видом, приуроченным к водной растительности, нами была обнаружена в восточной части Таманского залива в поверхностном слое и на глубине 4,5 м. Развитие этой коловратки было достаточно интенсивным с численностью до 28 экз./л. Данный вид отмечался Ф.Д. Мордухай-Болтовским (Мордухай-Болтовской, 1968) в Азовском море. В более поздней литературе данные о находках *E. ehrenbergi* отсутствуют.

N. squamula - вид пресных и солоноватых вод была зарегистрирована в центральной части Таманского залива в поверхностном слое в незначительных количествах.



Рисунок 1. Карта-схема отбора проб микрозоопланктона в Керченском проливе в августе 2008 г.

По данным проб, отобранных с двух горизонтов (поверхность и дно) в открытой части Керченского пролива, в районе косы Чушка и в восточной части Таманского залива, наибольшая плотность коловраток была приурочена к поверхностному слою воды. Так в

районе косы Чушка общая численность коловраток в поверхностном слое воды была 5 экз./л., придонном – 3 экз./л. В центральной части Таманского залива – 38 экз./л. и 15 экз./л., соответственно. При этом вертикальные градиенты распределения солености и температуры воды были не существенные.

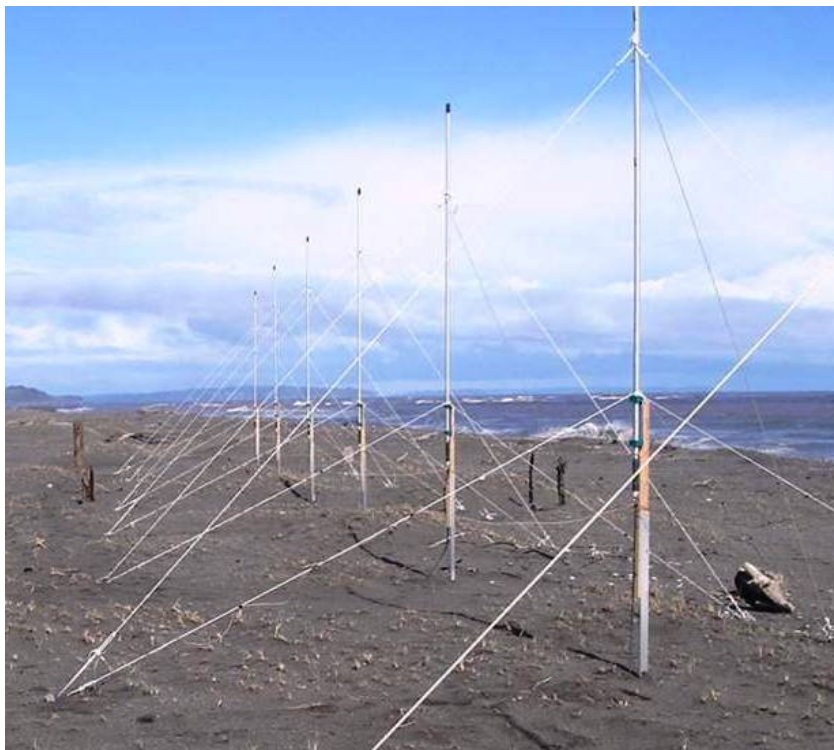
Таким образом, по результатам исследований в Керченском проливе в летний период из отмеченных планктонных коловраток *T. marina* бореально-арктическая, солоноватоводно-морская коловратка наблюдалась на всех станциях и преобладала по численности - 10-27 экз./л. В наибольших количествах 20-27 экз./л. нахождение *T. marina* было в Керченском проливе в районе окончания косы Чушка. В Таманском заливе численность ее колебалась в пределах 3–19 экз./л. Количественные характеристики сообщества коловраток определялись до 70 % - *T. marina*. Общая численность планктонных коловраток в исследованном районе колебалась в пределах 1–38 экз./л., в среднем 11 экз./л.

Литература

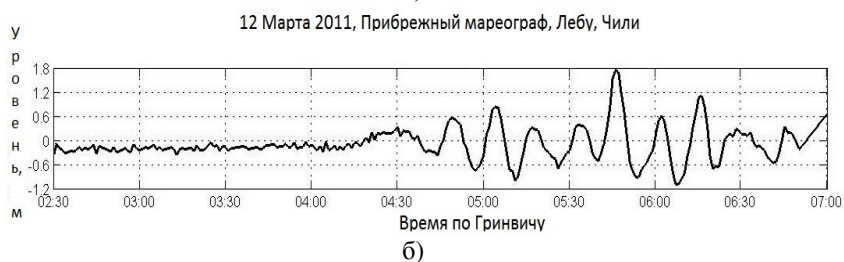
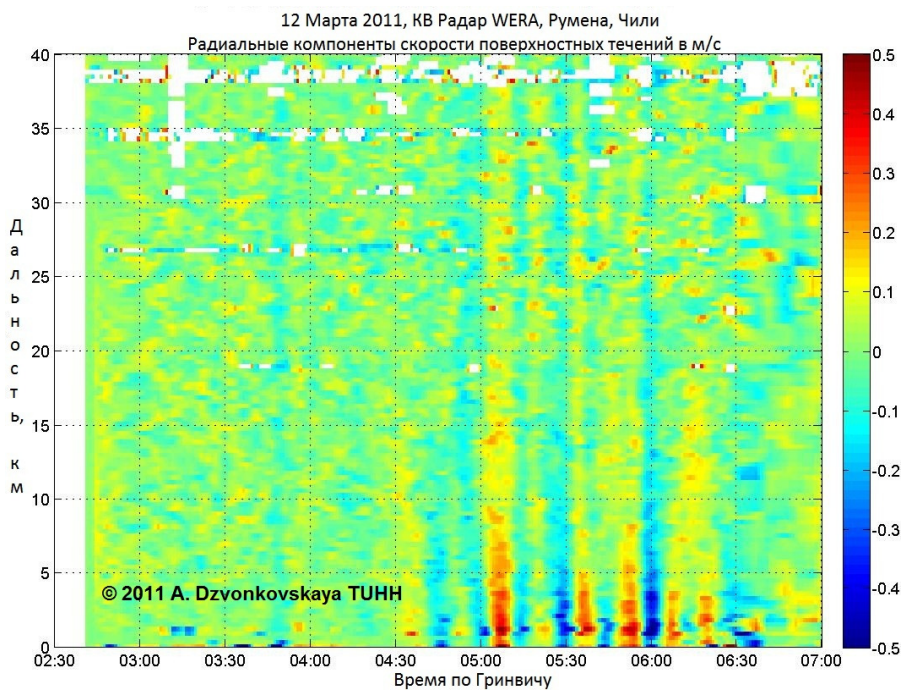
1. Экосистемные исследования среды и биоты Азовского бассейна и Керченского пролива / под общ. ред. Матишова Г.Г. – Апатиты: Кольский научный центр РАН, 2005. - 390 с.
2. Спиридонова Е.О. Природные и антропогенные изменения океанологических параметров Керченского пролива на современном этапе. Автореф. дисс. к.г.н. Морской гидрофизический институт НАН Украины, Севастополь, 2009. 20 с.
3. Киселев И. А. Методы исследования планктона // Жизнь пресных вод СССР. – М. – Л.:Изд-во АН СССР, 1956. –Т.4,ч.1.- с. 183-256.
4. Мордухай-Болтовской Ф.Д. Определитель фауны Черного и Азовского морей. К: Наук. думка, 1968, 1972. – Т. 1-3.

ИЛЛЮСТРАЦИИ

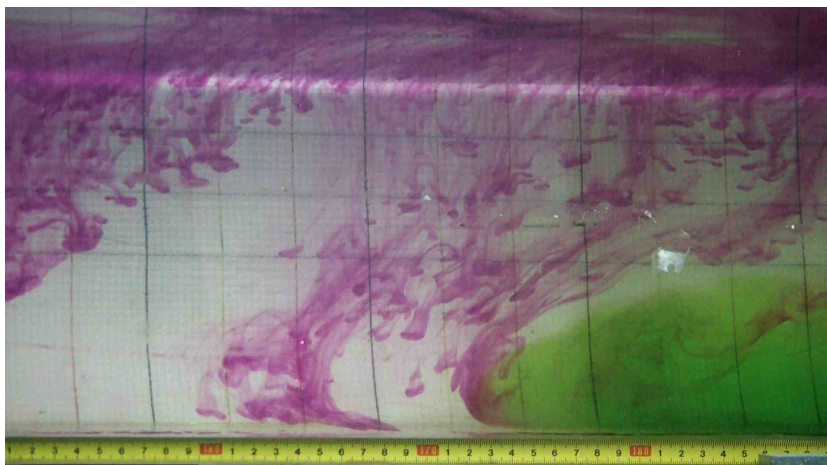
(нумерация иллюстраций: номер доклада– номер рисунка в докладе)



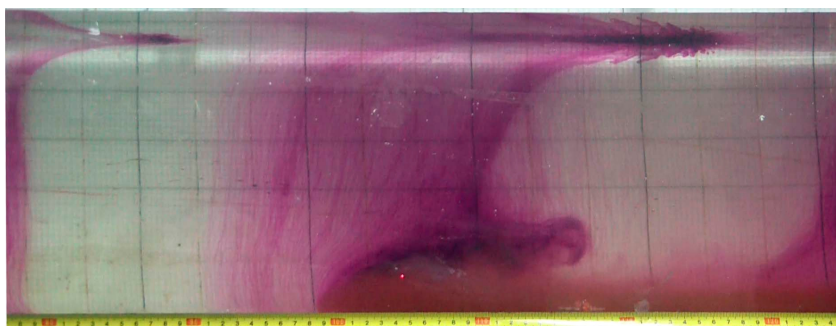
Илл. 6-1. Линейная приемная антенная решетка КВ радара WERA на побережье Чили.



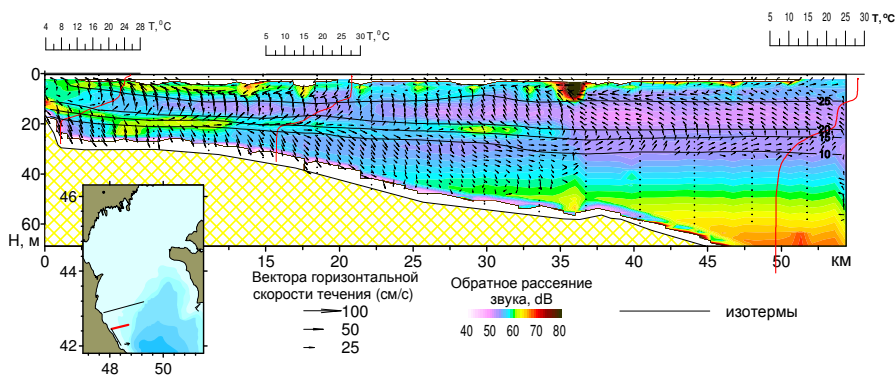
Илл. 6-2. а) девиации радиальных компонент скорости поверхностных морских течений во время прихода цунами, измеренные КВ радаром в Румене, Чили; б) средний уровень моря, измеренный прибрежным мареографом в Лебу, Чили (50 км от радара).



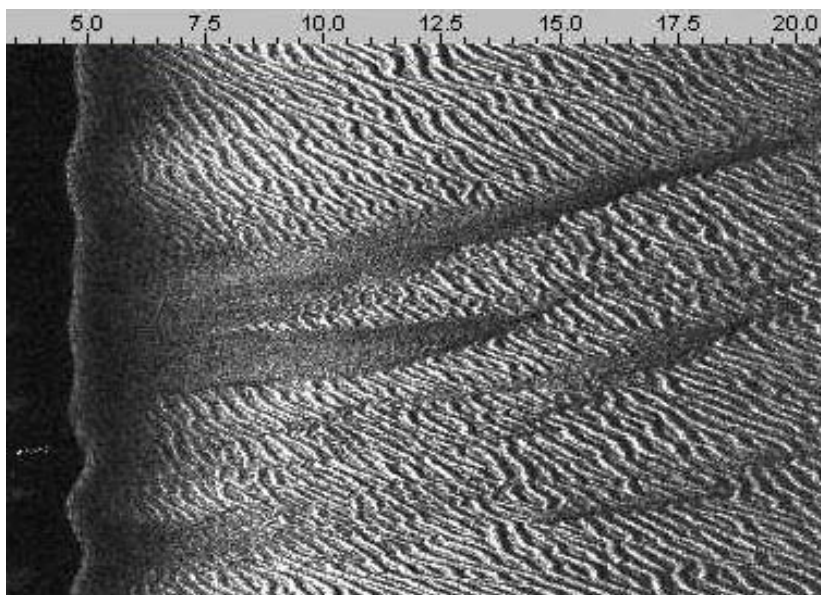
Илл. 8-2. Режим 1: $S_0=2,5 \text{ ‰}$, $q_0=7,6 \text{ [см}^2/\text{с]}$, $g'=1,72 \text{ [см/с}^2]$.



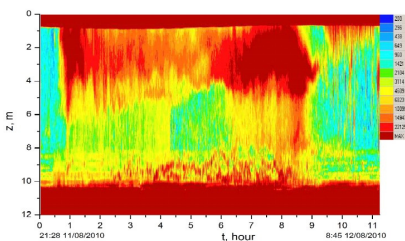
Илл. 8-3. Режим 2: $S_0=12,5 \text{ ‰}$, $q_0=1,7 \text{ [см}^2/\text{с]}$, $g'=6,7 \text{ [см/с}^2]$.



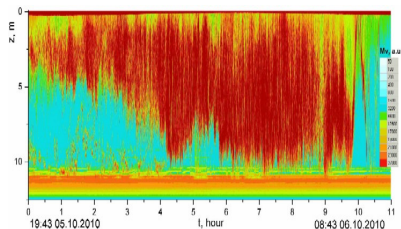
Илл. 9-2. Субмгновенный разрез поля течений, обратного рассеяния звука и температурной стратификации. (Профиль на карте показан красной линией).



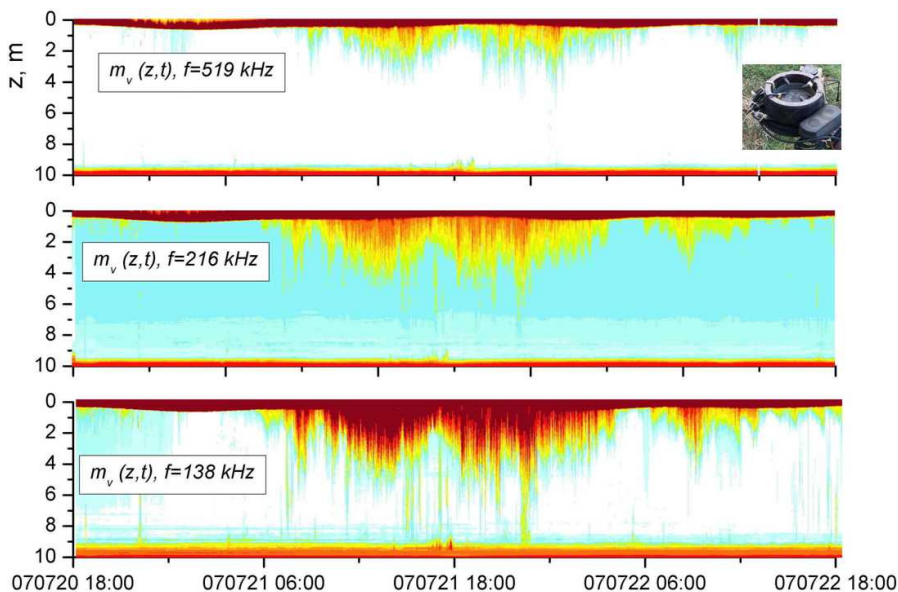
Илл. 9-3. Фрагмент акустического изображения дна, свидетельствующий о наличии течений, (Северный Каспий).



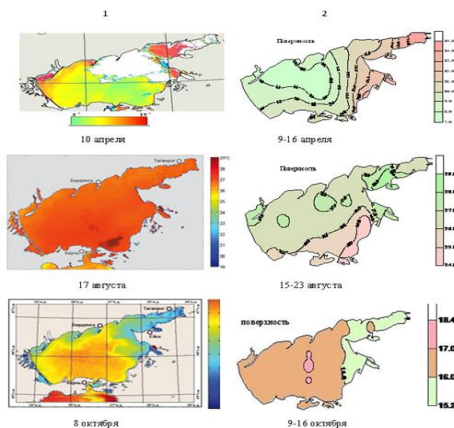
Илл. 11-1. Вариации $m_v(z, t)$
на частоте 138 кГц летом.



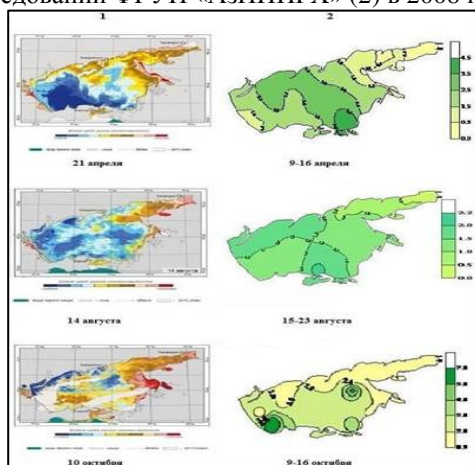
Илл. 11-2. Вариации $m_v(z, t)$
на частоте 138 кГц осенью.



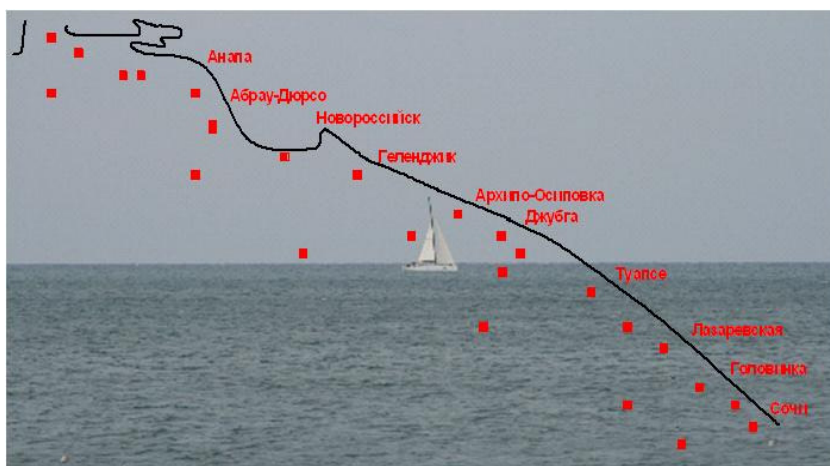
Илл. 11-3. Вариации $m_v(z, t)$ на различных частотах в течение трех суток от 20.07.2008 до 22.07.2008. Скорость ветра доходила до 12 м/с.



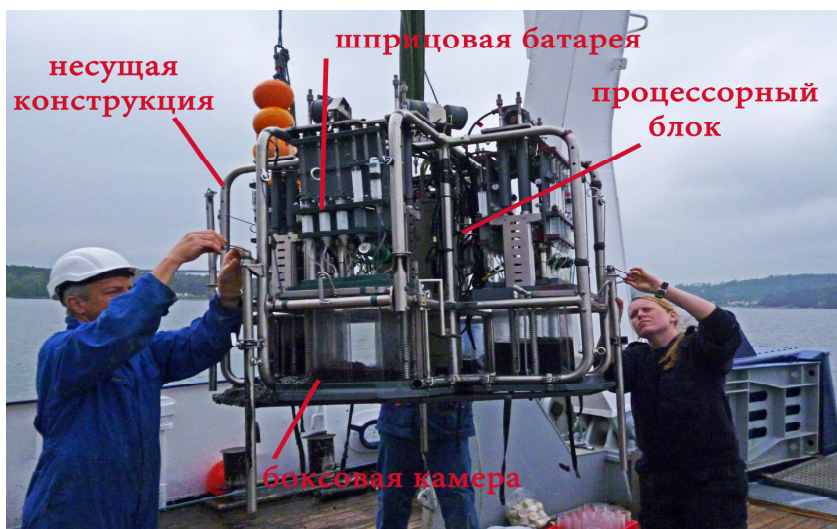
Илл. 14-1. Пространственное распределение ТПМ, по данным космического мониторинга (1) и экспедиционных исследований ФГУП «АзНИИРХ» (2) в 2008 г.



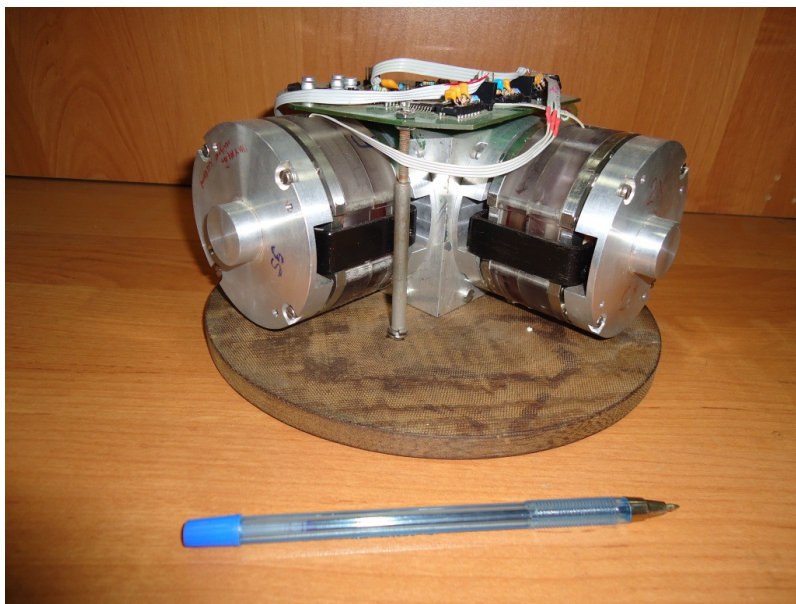
Илл. 14-2. Пространственное распределение прозрачности воды Азовского моря по данным космического мониторинга (1) и экспедиционных исследований ФГУП «АзНИИРХ» (2).



Илл. 17-1. Сетка станций комплексных океанографических исследований ФГУП «АзНИИРХ» в северо-восточной части Черного моря.



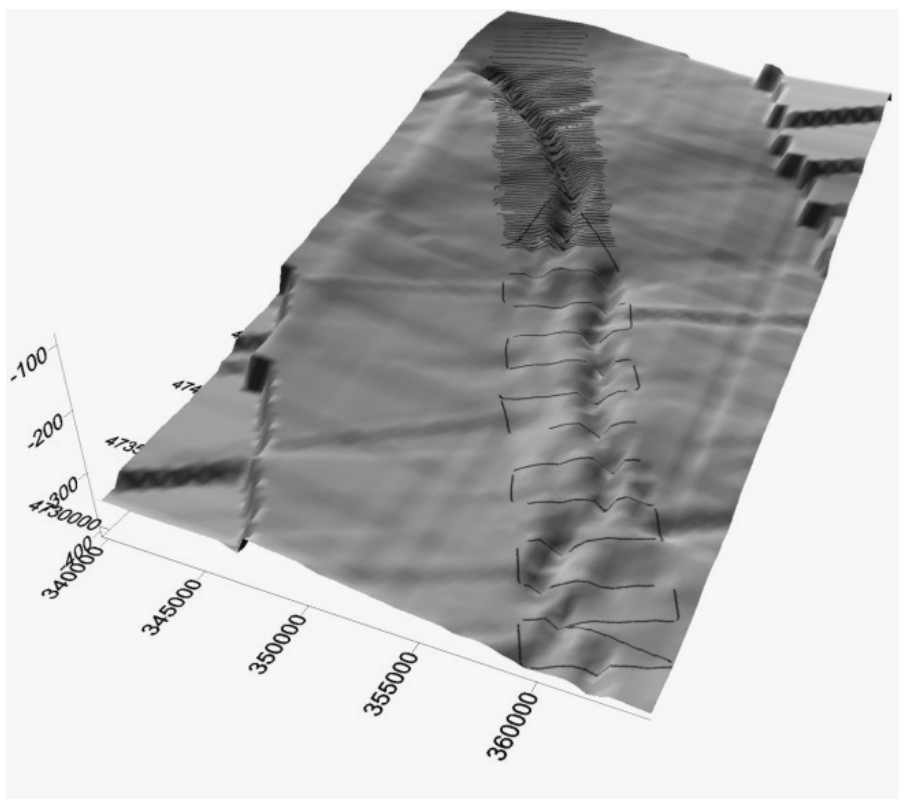
Илл. 26-1. «Большой» шведский лендер после доставки со дна.



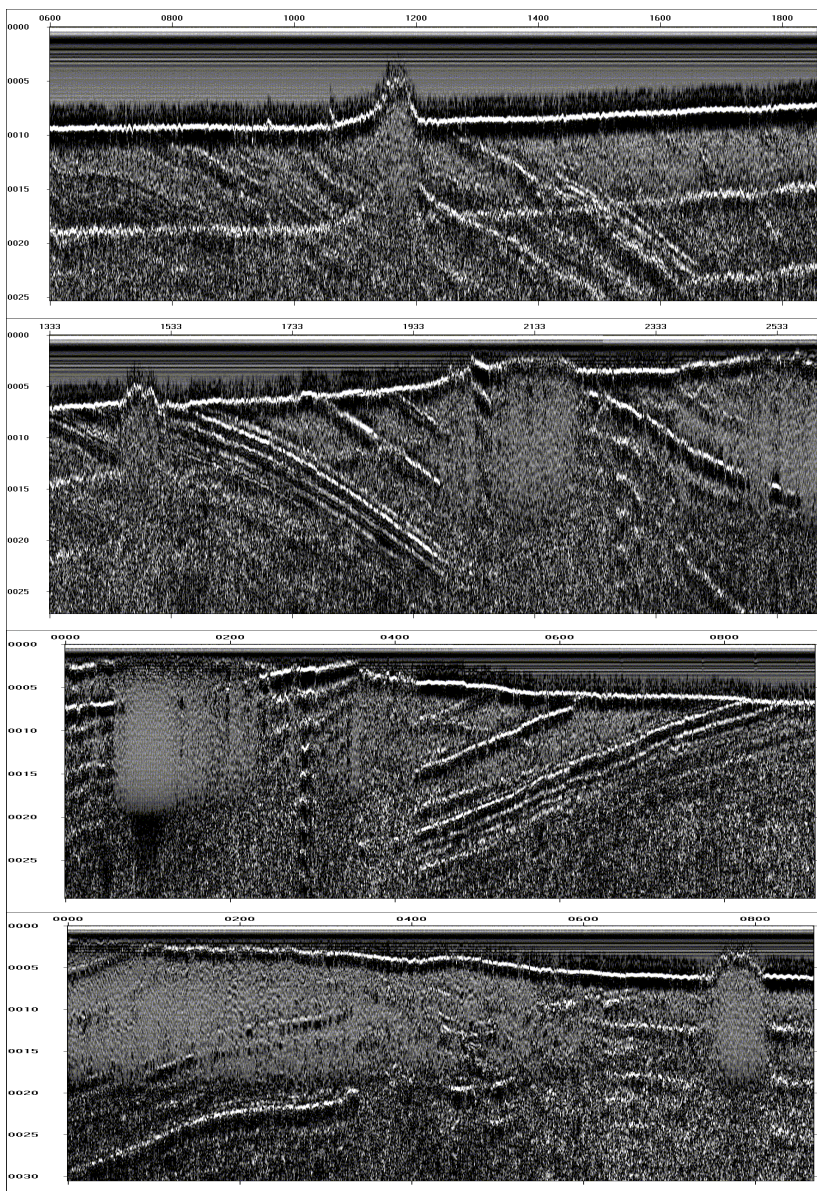
Илл. 29-1. Внешний вид трехкомпонентного электрохимического сейсмоприемника СМЕ-4111-3х.



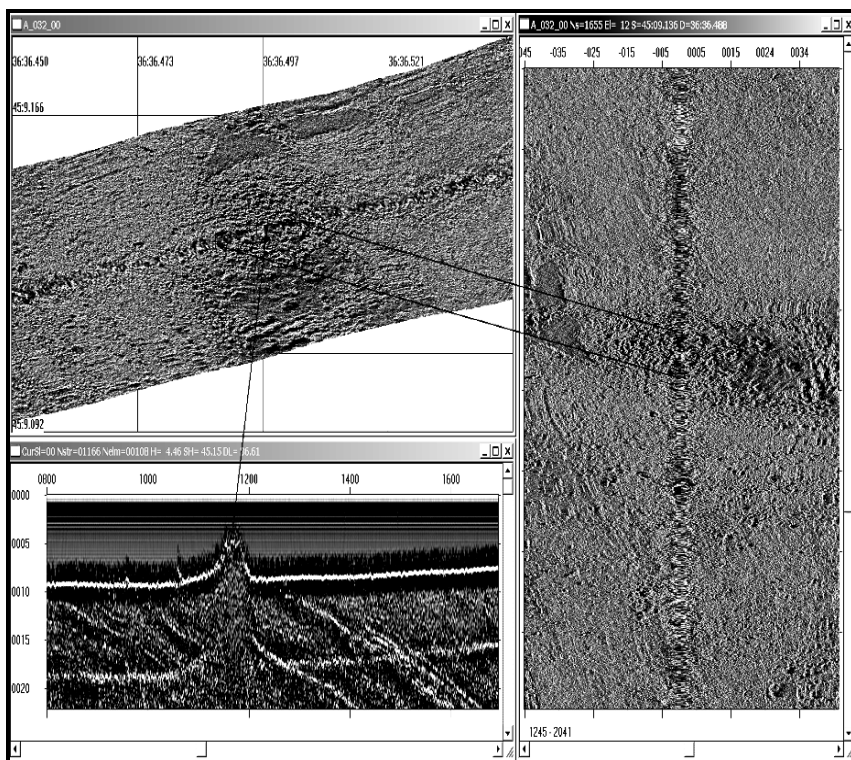
Илл. 29-2. Внешний вид измерительного блока широкополосного донного сейсмографа ШАДС-К.



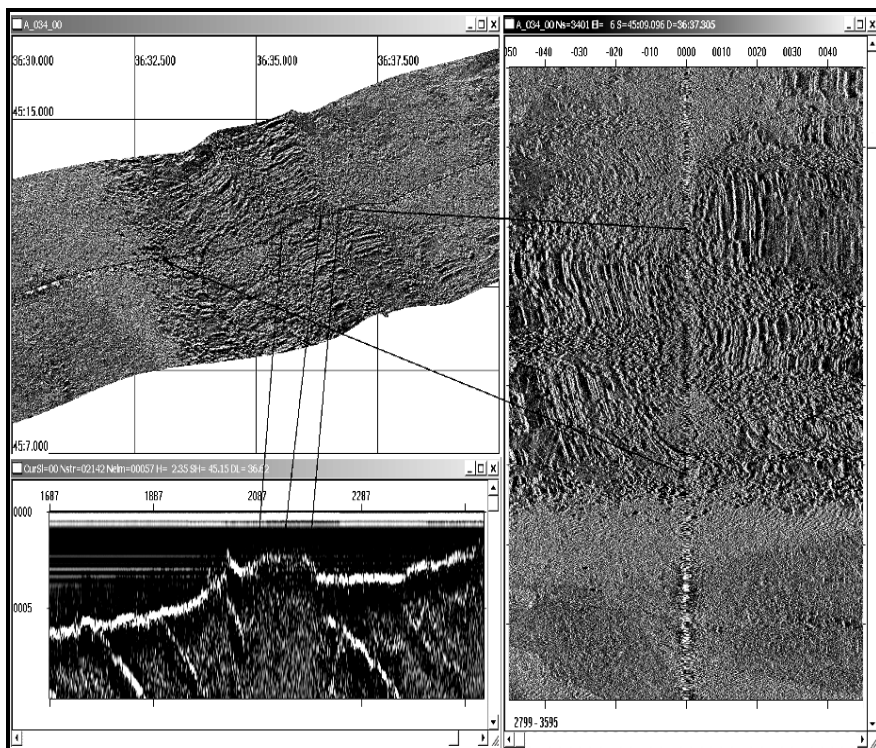
Илл. 31-1. Трехмерное изображение палеоканьона Волги со схемой галсов по данным сейсмопрофилирования в 35-м рейсе НИС «Рифт» в Каспийском море 05-07.06.2010 г.



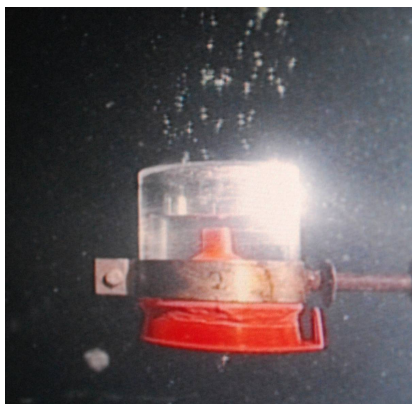
Илл. 33-1. Фрагменты профилограмм, относящиеся к грязевым вулканам. Шкала слева в метрах от поверхности воды.



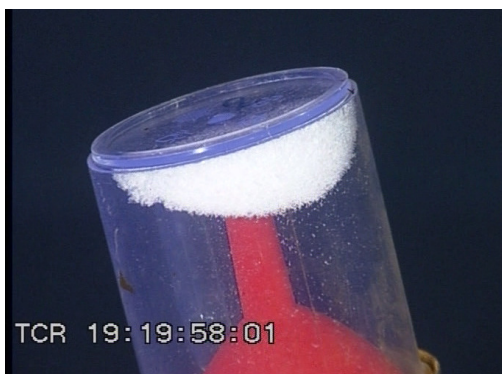
Илл. 33-2. Совместное отображение профилограммы и акустического изображения поверхности дна ГБО (координаты конуса: широта 45.152, долгота 36.608 градуса). Стрелками отмечено отображение отдельных элементов на карту.



Илл. 33-3. Совместное отображение части профилограммы, приведенной на втором фрагменте рис. 1 и акустического изображения поверхности дна.



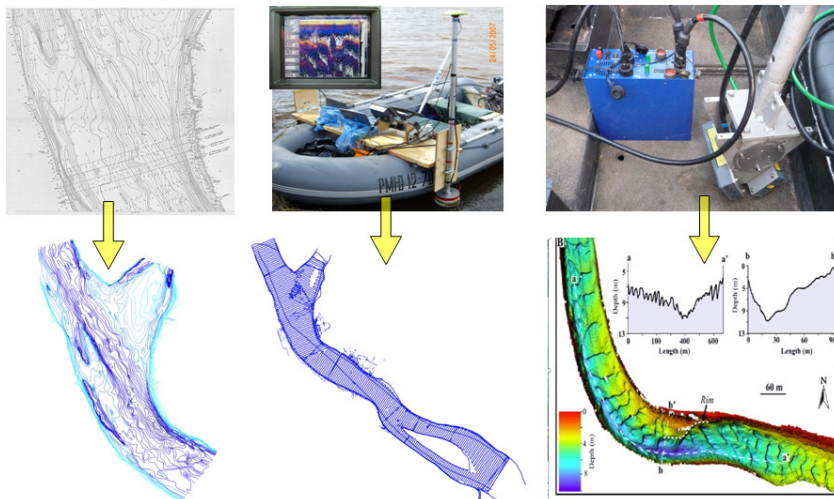
Илл. 35-1. Сбор газа в ловушку «Воронка» на глубине 404 метра. В верхней части ловушки скапливается отобранный газ.



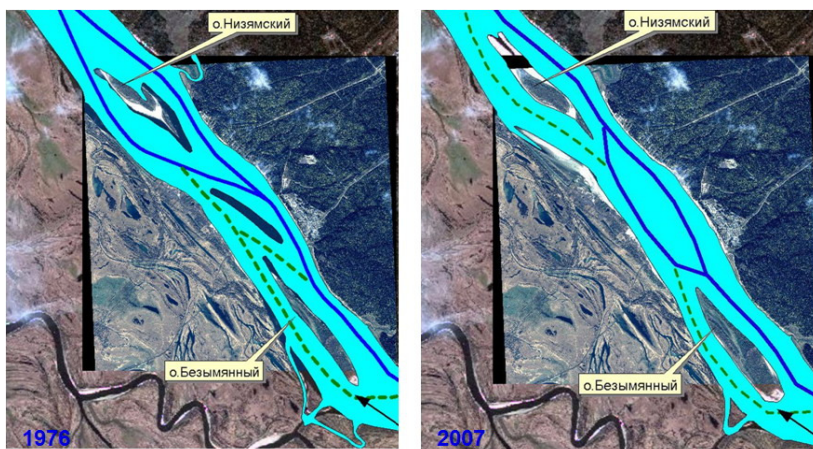
Илл. 35-2. Гидратный порошок в ловушке «Воронка», образовавшийся из метановых пузырей на глубине 860 метров.



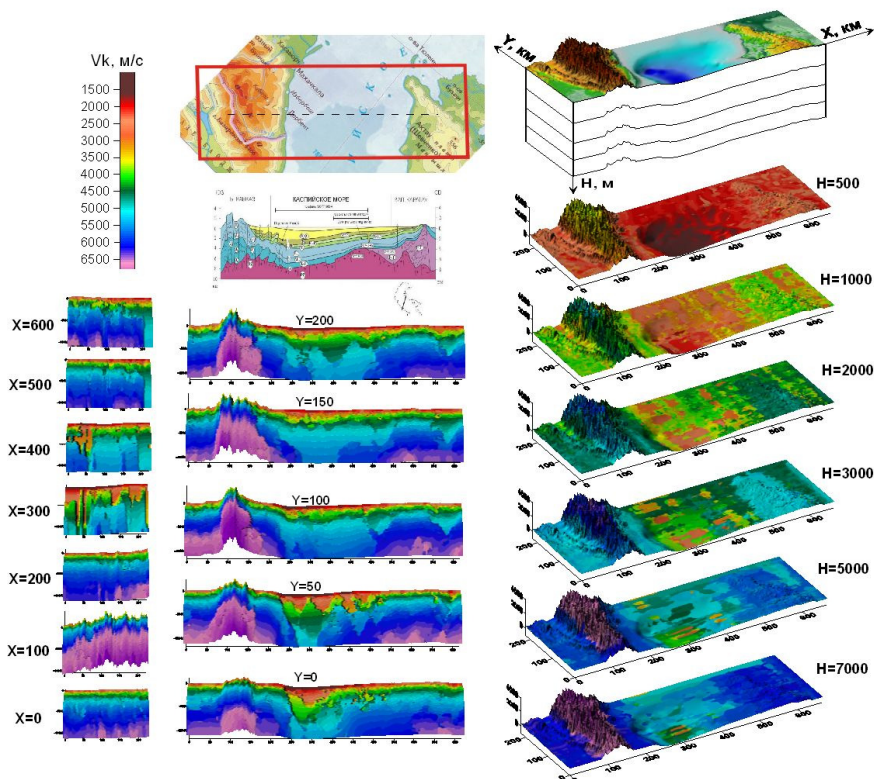
Илл. 35-3. Гидратная пена в ловушке «Воронка», образовавшаяся из метановых пузырей на глубине 1400 метров.



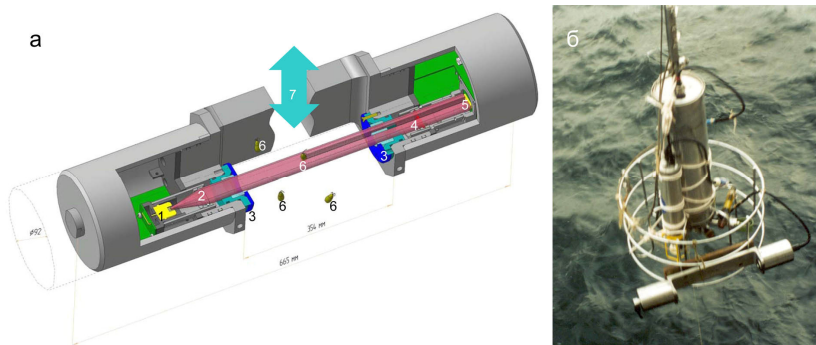
Илл. 36-2. Способы получения ЦМР: слева - оцифровка плана, середина – промеры с помощью однолучевого эхолота, справа - промеры с помощью многолучевого эхолота.



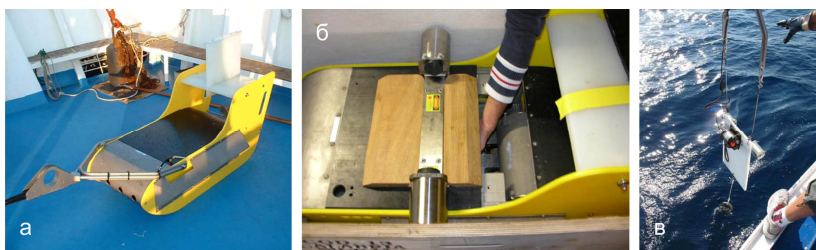
Илл. 36-5. Переформирование разветвленного на рукав русла р. Обь за период 30 лет.



Илл. 39-3. Скоростная 3-Д модель участка Каспийского моря, выделенного на схеме профилей прямоугольником.



Илл. 45-1. Функциональная схема датчика (а) и внешний вид зонда ТРАП-7(б), смонтированного на ограждение СТД-зонда. 1 – лазер ЛПИ-120; 2 – коллимирующая линза; 3 – иллюминаторы; 4 – светофильтр; 5 – фотоприемная линейка TSL202; 6 – частицы планктона; 7 – поток воды.



Илл. 45-2. Буксируемый носитель "NuShuttle" (а), его вариант с зондом ТРАП-7А (б), а также макет зонда ТРАП-8 вместе с СТД-комплексом "miniPack" перед погружением на дрейфовой станции (28.07.2007).

Авторский указатель

А

Авилов В.И. 167, 170
Авилова С.Д. 167, 170
Аистов Е.А. 104
Амбросимов А.К. 38, 123, 126
Афанасьев М.С. 150

Б

Барканова Т.Б. 41
Баудлер Х. 54
Белов С.В. 107
Бондаренко А.Л. 25
Бриллиантов А.Н. 141
Буланов В.А. 47, 176
Буланова Н.П. 180
Бурлачко Д.С. 59, 62, 66, 71

В

Ванюшин Г.П. 41
Верещака А.Л. 173

Г

Гвоздецкий А.Л. 107
Глотко А.В. 141
Гольдин Ю.А. 163, 183
Горбачкий В.В. 87
Греков А.Н. 98
Григоренко К.С. 31
Гриценко А.М. 78
Гуреев Б.А. 163

Д

Джалилов А.Г. 197
Дзвонковская А.Л. 28

Е

Егоров А.В. 138
Ермолицкая М.З. 187
Есюкова Е.Е. 51

Ж

Жемков Е.И. 95
Жуков Г.Д. 141
Жукова С.В. 59, 62, 66, 71

З

Зацепин А.Г. 9
Зубко Ю.Н. 107, 111

К

Каевицер В.И. 83, 131
Казанцев С.В. 90
Казанцева Т.В. 90
Каргаполова И.Н. 141
Копелевич О.В. 163, 183
Коробочка А.А. 41
Корсков И.В., 47
Костяной А.Г. 9
Кривцов А.П. 83, 131
Кулагин Д.Н. 173
Куропаткин А.П. 59, 62, 66, 71

Л

Лазарев В.А. 113
Левашов Д.Е. 180
Левченко В.А. 163, 183
Левченко Д.Г. 107, 111
Лейцина Л.В. 51
Леонов А.В. 205
Либина Н.В. 38, 158
Лупачев Ю.В. 13
Лутынская Л.А. 59, 62, 66, 71

М

Малеханов А.И. 113
Матишов Д.Г. 31
Мельников В.А. 9
Мерклин Л.Р. 113
Мошаров С.А. 173

Н

Низов С.С. 34
Никитин Г.А. 38

О

Оленин А.Л. 104
Ольшанская Е.В. 31

П

Подгорный К.А. 205
Подмарева Т.И. 59, 62, 66, 71
Пронин А.А. 193

Р

Разманов В.М. 83, 131
Ракитин И.Я. 133
Римский-Корсаков Н.А.
Рожков А.Н. 138
Розанов А.Г. 102
Романова В.И. 113

С

Сагалеви́ч А.М. 138
Свистунова Л.Д. 209
Селифонова Ж.П. 189
Сихарулидзе Д.К. 34
Смирнов Г.В. 104
Смолянинов И.В. 83, 131
Снегирев В.П. 154
Соловьев А.Н. 31
Соловьева А.А. 31
Стороженко А.В. 47, 176
Ступникова А.Н. 173
Суконкин С.Я. 107

Т

Тараканов Р.Ю. 78

Ф

Федотов Г.А. 80
Филатова Т.Б. 75
Фоменко И. Ф. 59, 62, 66, 71

Х

Халиков И.С. 193
Хартиев С.М. 31
Хилько А.И. 113

Ч

Червинчук С.Ю. 107
Черевко И.В. 102
Черников А.Г. 158
Черняев Е.С. 138
Чистяков А.Е. 201
Чубаренко Б.В. 51
Чубаренко И.П. 54

Ш

Шишкин В.М. 59, 62, 66, 71

Щ

Щевьев В. А. 17, 21

Э

Элбакидзе А.В. 83, 131

Научное издание

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА
ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**Материалы XII Международной научно-технической
конференции «МСОИ-2011»**

Москва, 23-25 ноября 2011 г.

Том I