

XI МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ»



МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ ЧАСТЬ III



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
УЧРЕЖДЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ИНСТИТУТ
ОКЕАНОЛОГИИ ИМ. П.П.ШИРШОВА РАН
МГТУ им. Н.Э. Баумана

ХІ МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ

«СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА
ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

ЧАСТЬ III

МОСКВА 2009

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

- | | |
|------------------------------|---|
| 1. Лаверов Н.П. | академик, вице-президент РАН,
<u>председатель;</u> |
| 2. Нигматулин Р.И | академик, директор ИО РАН,
<u>сопредседатель</u> |
| 3. Смирнов Г.В. | академик, зав. лабораторией ИОРАН,
<u>сопредседатель;</u> |
| 4. Еремеев В.Н. | академик НАНУ, директор Центра морских
исследований (Украина),
<u>сопредседатель;</u> |
| 5. Римский-
Корсаков Н.А. | к.т.н., зам. директора ИО РАН,
<u>сопредседатель;</u> |
| 6. Нерсесов Б.А. | д.т.н., гл. н. с. ИО РАН,
<u>ученый секретарь;</u> |
| 7. Лобковский Л.И. | чл.-корр.РАН, зам. директора ИО РАН; |
| 8. Флинт М.В. | д.б.н., зам. директора ИО РАН; |
| 9. Алексеев А.В. | чл.-корр., гл.н.с. ИО РАН; |
| 10. Жмур В.В | д.ф.-м.н., нач. управления РФФИ; |
| 11. Марш Ричард | директор фирмы «Tritech», (Великобритания); |
| 12. Хони Джон | директор фирмы «Shark Marin»(Канада); |
| 13. Коллинз Марк | директор фирмы «SMD Hydrovision»,
(Шотландия); |
| 14.Тенберг Андерс | профессор Гетеборгского университета,
(Швеция); |
| 15.КоноваловЮ.М. | ген. конструктор ГУП СПБМ «Малахит»; |
| 16. Пронкин А.П. | ген. директор «Южморгеология»; |
| 17. Фалеев М.И. | нач. департамента МЧС РФ; |
| 18. Суконкин С.Я. | к.т.н., директор ОКБ ОТ РАН; |
| 19. Смирнов А.В. | к.т.н., уч. секр. НИИ СМ МГТУ |

Конференция проводится при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований

СОДЕРЖАНИЕ

ПРИБРЕЖНАЯ И МОРСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

7

Нерсесов Б.А., Римский-Корсаков Н.А. Мониторинг экологически опасных акваторий в зоне прокладки подводного трубопровода «Северный поток».....

8

Григорьев А.Г. Радиоэкологическая обстановка в акватории Куршского и Висленского заливов и прилегающей к ним прибрежной зоны Балтийского моря.....

11

Джалилов А.Г. Видовой и количественный состав мезозoopланктона азербайджанского сектора среднего Каспия...

15

Токарев Ю.Н., Мельников В.В. Новые технологии ИНБИОМ НАН Украины в области оперативной биоокеанографии.....

20

Токарев Ю.Н., Василенко В.И., Жук В.Ф. Новый гидробиофизический комплекс для экспрессной оценки состояния прибрежных экосистем.....

23

Мельников В.В., Темных А.В. Кассетный планктонометр.....

27

Казеннов А.Ю., Гапонов И.А., Кикнадзе О.Е., Пименов А.Е.

Проведение радиацио-экологического обследования прибрежных акваторий с помощью погружных гамма-спектрометров.....

31

Гапонов И.А., Казеннов А.Ю., Кикнадзе О.Е, Пименов А.Е
Методика и аппаратные средства, использованные при проведении радиационного мониторинга АПЛ б-159 и к-278 («Комсомолец»).....

34

Халиков И.С., Савин Ю.И. Разработка способа одновременного определения фенола и хлорфенолов в воде в виде производных методом газовой хроматографии.....

36

Халиков И.С., Самсонов Д.П.,Савин Ю.И. Реакционно-хроматографическое определение люизита и продуктов его трансформации в виде циклического производного в объектах природной среды.....

41

Халиков И.С., Савин Ю.И. Результаты исследования химического загрязнения в районах нахождения подводных потенциально опасных объектов в Финском заливе и Ладожском озере осенью 2008 года.....

45

Халиков И.С., Савин Ю.И., Пронин А.А. Химическое загрязнение в районах нахождения подводных потенциально опасных объектов в российском секторе Черного моря летом 2009 года.....

49

Авилов В.И., Авилова С.Д. Методологический подход к разработке специализированных технических средств аквагеоэкологии.....

53

Авилов В.И., Авилова С.Д. Принципы создания экспертных систем аквагеоэкологии.....

57

Алексеева Т.Н. Фракционная структура поверхностного слоя донных осадков Белого моря как индикатор экологических условий.....

61

Моисеенко О.Г., Коновалов С.К. Многолетние изменения карбонатной системы аэробной зоны Черного моря.....

62

Дунаев Н.Н. Неотектонические исследования - необходимое направление при изучении прибрежной экологии.....

67

Орехова Н.А. Оценка экологического состояния бухт Севастополя (Черное море).....

70

Исмаилов А.Д., Ефременко Е.Н., Сенько О.В., Куц В.В., Аленина К.А. Экспресс-мониторинг токсикантов с использованием иммобилизованных в криогеле поливинилового

спирта светящихся бактерий

73

Свистунова Л.Д. Планктонные коловратки Керченского пролива (по результатам комплексной экспедиции, август 2008г.).....

77

ПРИБОРЫ И ТЕХНОЛОГИИ

ГЕОЛОГО - ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РЕСУРСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОКЕАНЕ

81

Ковачев С.А., Иванов В.Н., Тимашкевич Г.К., Лобковский Л.И., Ананьев Р.А. Система геодинамического мониторинга для районов разработки морских залежей углеводородного сырья.....

82

Рыбалко А.Е., Свечников А.В., Никитин М.А., Назарова О.В. Опыт использования высокочастотной сейсмоакустики (геолокации) в инженерно-геологических и геоэкологических исследованиях на шельфах северо-западных морях России

86

Жулёва Е.В. Подводная фотография как эффективный метод изучения кобальтомарганцевых корок гайотов.....	90
Левченко Д.Г., Левченко В.Д. О природе «окон прозрачности» в широкополосном спектре донных микросейсм.....	92
Левченко Д.Г., Лобковский Л.И., Башилов И.П, Леденев В.В., Ильин И.А., Зубко Ю.Н., Суконкин С.Я. Автономные донные сейсмографы и обсерватории для длительного мониторинга акваторий.....	97
Зарецкий А.В. Программа расчета статистики подводных тросовых систем.....	102
Кривцов А.П., Смольянинов И.В. Применение интерферометрического ГБО для получения акустического изображения и рельефа морского дна.....	104
Мельников В.А. Калибровка высокоточного спутникового радиовысотомера по океанографическим измерениям уровня моря in-situ.....	108
Лелюх Н.Н., Щербатюк А.Ф., Бабак Л.Н., Борейко Д.Я. Применение подводного аппарата TSL для экологических исследований.....	

Левченко О.В., Маринова Ю.Г., Мерклин Л.Р., Мурдмаа И.О., Хюмбс П. Сверхдетальная съемка глубоководных отложений Атлантического океана с помощью мобильного узлолучевого параметрического профилографа «SES-2000 DEEP».....

Носов А.В., Постнов Г.А. Потенциальная помехоустойчивость гидроакустического приемника на базе вертикального корреляционного диполя в однородном океане.....

Дубинко А.С., Нерсесов Б.А. О точности измерения высоты волны дрейфующим бумом с измерительной приборной косой

Комаров В.С. О направлении развития береговых бесконтактных измерений уровня моря.....

Тарасов Л.Л., Бриллиантов А.Н. Использование доплеровского измерителя скорости течения и расхода воды ADCP в задачах мониторинга русловых процессов.....

Шаповалов И.С., Оленин А.Л. Лабораторный стенд исследования возможностей акустооптической спектроскопии для определения параметров воды.....

Воронин В.А., Мерклин Л.Р., Тарасов С.П. Антенна накачки параметрического излучателя сейсмоакустического

профилографа.....

132

Северов С.П.,Суконкин С.Я.,Леденев В.В., Судаков Н.В
Стационарные подводные станции: обзор состояния и
проблемы проектирования.....

137

Комаров В.С Океанологический глайдер.....

145

Комаров В.С. Приборы для измерения уровня моря.....

148

ПРИБРЕЖНАЯ И МОРСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНЫХ АКВАТОРИЙ В ЗОНЕ ПРОКЛАДКИ ПОДВОДНОГО ТРУБОПРОВОДА

«СЕВЕРНЫЙ ПОТОК»

Нерсесов Б.А., Римский-Корсаков Н.А.

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,
117997, Москва, Нахимовский проспект, д.36,
т.8-495-7190370, e-mail: bnersesov @ yandex. ru.

Как показал опыт строительства черноморского трубопровода «Южный поток», океанологическое обеспечение его прокладки является весьма актуальной проблемой.

В настоящее время ждет своего решения проект «Северный поток», в ходе которого Северо-Восточный газопровод должен быть проложен по дну Балтийского моря из России (севернее Санкт-Петербурга) в Германию (Грайсвальд).

Однако, кроме прежних задач, стоящих перед океанологами по изучению рельефа дна и его сейсмической активности, возникает специфическая проблема, связанная с наличием в экономической зоне Дании (на дне Борнхольмской котловины) трофейных химических боеприпасов, затопленных после Второй Мировой войны на глубинах 20 – 90 метров (рис.1).

По оценке экспертов этих подводных экологически опасных объектов (бомб, снарядов, контейнеров) было затоплено более 35 тысяч тонн. К настоящему времени, по оценкам экспертов, под действием коррозии уже разгерметизировано около 90-100% тонкостенных контейнеров с отравляющим веществом (ОВ), а также 80-90% снарядов и бомб, имеющих более прочные корпуса. Кроме того, как показали экспедиционные исследования, затопленные ОВ находятся в разных условиях: одни оказались погребенными под многометровым слоем ила, другие - чуть прикрыты осадками, третьи – легли на каменистое дно прибрежных шельфов.

Положение усложняется еще и тем, что координаты этих районов определены приблизительно. Поэтому они не закрыты для рыболовства и геологоразведочных работ.



Рис. 1. Акватория Балтийского моря с участком маршрута проектируемого газопровода «Северный поток» в районе острова Борнхольм

— - Участок маршрута Северо-Восточного газопровода

○ - Предполагаемая акватория затопления химических боеприпасов

Таким образом, опасность экологической катастрофы, связанная с прокладкой газопровода в районах массовых затоплений химических боеприпасов, весьма серьезна.

Решением этой проблемы озадачен Департамент предупреждения чрезвычайных происшествий МЧС России, по заказу которого, начиная с 1998 года, Институтом океанологии им. П.П. Ширшова РАН в акватории Балтийского моря проводятся экспедиции по обследованию подводных потенциально опасных объектов (ППО) с использованием геофизических и геохимических методов, а также

подводных аппаратов. В проведении этих работ активное участие принимали сотрудники Государственного научного учреждения «Экспертно-аналитический центр».

В 2005 - 2007г.г. на полигонах В-1, В-2 и В-3 в Борнхольмской котловине выполнялись подводные работы по обследованию мест предполагаемого затопления ОВ: гидролокационная съемка поверхности дна, промер глубин, измерение скорости и направления течений с помощью ADCP, отбор проб воды, грунта и CTD-зондирование (рис.2).

В ряде районов были обнаружены объекты, напоминающие химические боеприпасы. Экспресс-анализ проб придонной воды и донных отложений на содержание отравляющих веществ: иприта, люизита, а также продуктов их гидролиза, фенолов и т.п., проводился с использованием газового хроматографа «ЭХО – В». Измерение валового содержания мышьяка и тяжелых металлов проводился методом РФА на спектрометре «Spectroskan». Для определения мышьяка в пробах донных осадков был применен метод рентгенофлуоресцентного анализа.

Все работы по обследованию экологически опасной акватории сопровождались непрерывным измерением глубин судовым эхолотом, а навигационная привязка обеспечивается дифференциальной системой космической навигации DGPS.

обнаруживались в 5-10 км от указанных на карте мест их затопления. Ряд объектов (в пределах 20-й изобаты) были вообще не обнаружены. По-видимому, они или уже подняты, или занесены прибрежными донными отложениями.

В связи с планируемой прокладкой Северо-Восточного газопровода в необходимо:

- провести площадную съемку акватории предполагаемого нахождения химических боеприпасов;

- нанести на карту (все без исключения) районы затопления ОВ в районе острова Борнхольм;

- установить в местах обнаруженных боеприпасов оперативный экологический контроль с использованием научно-исследовательских судов, а также автоматизированных донных станций и радиобуев.

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В АКВАТОРИИ КУРШСКОГО И ВИСЛЕНСКОГО ЗАЛИВОВ И ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К НИМ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Григорьев А.Г.

ФГУП «ВСЕГЕИ», Средний проспект 74, Санкт-Петербург, Россия, т.-
3289001, факс- 3289159, e-mail- Andrey_Grigiryev@vsegei.ru

Radiogeochemical (radioecological) situation within coastal territories and near-shore bottom of Kaliningrad Region depends on two main factors. First factor – “technogenic” - is caused mainly by “Chernobyl trace”. The second factor is “natural”. It caused by the regional geological structure.

Conclusions:

1. Radiogeochemical (radioecological) situation within coastal territories and near-shore bottom of the Curonian and Vistula Lagoons is controlled by two main isotopes: ^{226}Ra and ^{137}Cs .

2. The local areas of high concentrations of ^{137}Cs caused by its redistribution in bottom sediments with accumulation in silty-clay mud. The main source of ^{137}Cs is atmospheric fall on the lagoons and rivers catchment areas after Chernobyl accident.

3. The local areas of high concentrations of ^{226}Ra are connected with erosion of phosphorites enriched by U and Ra.

4. The whole radiogeochemical situation of the Curonian and Vistula Lagoons and adjacent coastal areas isn't greatly to be feared but it needs control because of industrial development of coastal areas of Kaliningrad Region and planning construction of Nuclear Power Station.

Радиогеохимическая (радиоэкологическая) обстановка в пределах акватории Куршского и Висленского заливов и прилегающей к ним прибрежной зоны Балтийского моря обусловлена двумя основными факторами. Первый – техногенный связанный главным образом с влиянием “Чернобыльского цезия”. Второй природный связанный с геологическим строением региона.

В пределах площади исследований особое внимание обращают на себя изотопы ^{226}Ra и ^{137}Cs , активность которых на отдельных участках характеризуется достаточно высокими аномальными значениями и заметной дисперсией. Изотопы ^{232}Th и ^{40}K достаточно однородно

распределены по площади не создают аномальных концентраций, и их распределение в основном обусловлено литологией осадков. Изотоп ^{60}Co практически отсутствует. Повышенные активности (А) радиоцезия отмечаются в донных осадках как Висленского, так и Куршского заливов. Поля распространения аномально высоких концентраций радиоцезия в донных осадках заливов имеют крайне локальный характер и приурочены к площадям распространения алевропелитового и частично алевритового материала. Наиболее высокие активности ^{137}Cs , достигающие 300 Бк/кг, (при фоне для седиментационных бассейнов центральной Балтики 61 Бк/кг и местном фоне для алевропелитовых осадков 23 Бк/кг), отмечены в донных осадках Висленского залива, что сопоставимо с активностью радиоцезия в Финском заливе, на участках непосредственного воздействия “Чернобыльского облака”.

Максимальные активности радиоцезия выявленные в донных осадках юго-западной части Куршского залива заметно ниже, чем максимальные активности в донных осадках Висленского залива. Но, тем не менее, уровень аномальности на отдельных станциях опробования превышал значение $A_{\text{фон}} + 2\sigma$ фона. На начальном этапе исследований было высказано предположение, что повышенные концентрации ^{137}Cs в донных осадках заливов обусловлены его поступлением со стоками Немана и отчасти Вислы, дренирующих площади с достаточно интенсивным выпадением “Чернобыльских осадков”. Но последующие радиогеохимические исследования, проведенные непосредственно в устье Немана и в прилегающей акватории Куршского залива показали отсутствие аномальных активностей радиоцезия. в независимости от литологического состава донных осадков. Опробовались, как песчаные, так и алевропелитовые фракции, имеющие, как известно достаточно высокий сорбционный потенциал по цезию. Таким образом, гипотезу о значительном выносе радиоцезия стоками Немана следует отвергнуть. Аналогичную ситуацию по имеющимся данным можно предположить и для стока Вислы, тем более бассейн её водосбора был менее подвержен выпадению “Чернобыльских осадков” по отношению к бассейну Немана. В данном случае наиболее вероятным является предположение о перераспределении и накоплении в алевропелитовых осадках

относительно повышенных глубин ^{137}Cs непосредственно связанного с глобальными атмосферными выпадениями после Чернобыльской аварии в акваторию заливов и прилегающую часть суши. Хотя не исключено влияние и местных техногенных источников, о чём может говорить крайняя локальность выделенных аномальных участков.

Повышенные концентрации радия, в донных отложениях прибрежной зоны, достигающие 190 Бк/кг, (при местном фоне 9 Бк/кг) наиболее вероятно, связаны с широким распространением в породах верхней юры, мела и палеогена многочисленных проявлений фосфоритов желвакового типа. Достаточно хорошо известно, что фосфориты характеризуются высокими концентрациями урана (от $5 \cdot 10^{-3}\%$ до $4 \cdot 10^{-2}\%$) и соответственно продуктом его распада радием. Наиболее близко к поверхности палеогеновые фосфоритоносные отложения, выходят на побережье Балтийского моря – Самбийский полуостров. В районе вздымания пласта у мыса Таран мощность вскрыши небольшая (до 0,5-1,5 м) и, кроме того, здесь наблюдаются наиболее высокие содержания фосфоритов (500-700 кг/м³). Фосфориты образуют также скопления и в покровных четвертичных песках, являясь остаточными продуктами размыва палеогеновых отложений. Полученные в результате исследований данные показывают, что максимальные концентрации радия, в донных осадках действительно приурочены к Самбийскому полуострову, в районе мыса Таран. Это подтверждает предположение о фосфоритах, как источнике поступления радия в акваторию и донные осадки. В корневой части Куршской косы отмечено несколько станций с повышенными содержаниями радия в донных осадках. Вероятно, повышение концентраций радия обусловлено его переносом вдольбереговыми течениями совместно с покровными песками из прибрежной зоны района Самбийского полуострова. Выявленные достаточно высокие концентрации радия, хотя и не превышают норм радиационной безопасности, тем не менее, представляют вполне определенный интерес, в связи с перспективным развитием приморских территорий Калининградской области.

В качестве выводов можно констатировать следующее:

1. Радиогеохимическая ситуация в пределах акватории Куршского и Висленского заливов и прилегающей к ним прибрежной зоны Балтийского моря в основном контролируется распределением двух изотопов: ^{226}Ra и ^{137}Cs .

2. Локальные поля повышенных концентраций ^{137}Cs обусловлены его перераспределением в донных осадках, и накоплением в алевропелитовом материале. Источником поступления радиоцезия являются атмосферные выпадения после Чернобыльской аварии в акваторию заливов и прилегающую часть суши.

3. Локальные поля повышенных концентраций ^{226}Ra обусловлены размывом фосфоритовых руд обогащенных ураном и радием.

4. Общую радиоэкологическую обстановку в пределах акватории Куршского и Висленского заливов и прилегающей к ним прибрежной зоны Балтийского моря в целом не вызывает особых опасений, но требует определённого контроля в связи с развитием приморских территорий Калининградской области и предполагаемым строительством Калининградской атомной электростанции.

ВИДОВОЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ МЕЗОЗООПЛАНКТОНА АЗЕРБАЙДЖАНСКОГО СЕКТОРА СРЕДНЕГО КАСПИЯ

Джалилов А.Г.

Институт Зоологии Национальный Академии Наук Азербайджана,
Баку, Азербайджан, AZ1073, телефон: +994 50 480-75-84, факс: +994
12 439-73-53, E-mail: anvarj@mail.ru:

As we have shown distribution above, a role invasion's in community is very high. After installation *M.leidy* from structure zooplankton has disappeared valuable fodder organism's *E. grimm* and *E. minor*. Recent *A. claus* has started to play the major a role in zooplankton. Thus, penetration of exotic kinds in Caspian ecosystem has resulted to reorganization specific and quantitative aspect the Caspian fauna.

В начале XXI века изменении экологических условия, инвазия новых экзотических видов сильнейшее воздействие оказал экосистем пелагиале Каспийское море, в том числе Азербайджанского сектора Среднего Каспия. Биомасса кормового зоопланктона снизилась несколько раз, а некоторые виды зоопланктона, например, *Eurytemora grimm*, *E. minor* почти полностью исчезли.

В период интенсивного развития мнемюрсиса во всех трех частях моря наблюдалось резкое снижение видового разнообразия зоопланктона от июля к августу. Количественное развитие зоопланктона Среднего Каспия имело идентичную направленность: увеличение биомассы организмов от мая к июлю резкое снижение к августу. В количественном развитии гребневика наблюдался рост численности с мая по август [1]. Прогрев вод, который наряду с кормовыми условиями

является регулирующим фактором развития популяции мнемипсиса, незначительно различался вдоль восточного и западного побережий Среднего Каспия. При этом на западе мнемипсис почти достиг границы с Северным Каспием, а на востоке встречается в незначительном количестве только на крайнем юге. В начале лета в целом неблагоприятные для существования популяции мнемипсиса температурные и кормовые условия на востоке Среднего Каспия обостряются, активным проявлением прибрежного апвеллинга [2]. Распределение *M.leidy* Азербайджанского сектора Каспийского моря характеризуется неоднородностью. Популяция мнемипсиса в Среднем Каспии отличалась узким размерным диапазоном и незначительным количеством крупных экземпляров [3]. На основе анализа материалов по биомассе мнемипсиса можно сделать вывод, что его популяции прошла пик своего развития [4].

Летом 2006 г. исследованы распределение численности и биомасса мезопланктона на Азербайджанском секторе Среднего Каспия. Материал собран с 24 июля по 9 августа 2006 г в рейсе НИС «Алиф Гаджиев». Отборы пробы выполнялись на стандартных разрезах Среднего Каспия – Мухтадир, Куба, Сиязан, Гилязи. Для определения численности и биомассы мезопланктона выполняли вертикальные ловы сетью Джеди. Сборы выполняли на каждом разрезе 0-10, 0-25, 0-50, 0-75, 0-100 м-овых станциях. Сбор и обработка материалов производилось по общепринятой методике [5]. Животных просчитывали под бинокляром МБС-1 в камере Богорова и определяли до вида.

По расположению самый северный разрез Азербайджанского сектора Среднего Каспия является Мухтадирский разрез (рис.1). Летом 2006 г. в этом разрезе численность мезопланктона составила 1035 экз/м³, а биомасса 51,11 мг/м³. Здесь коловратки были представлены

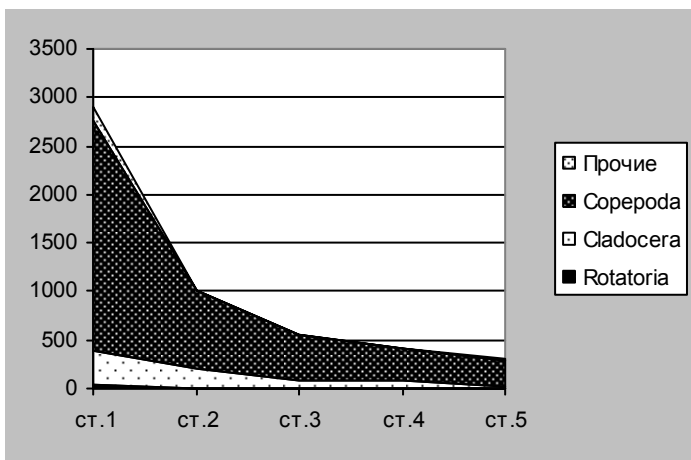


Рис. 1. Распределение мезозоопланктона на Мухтадирском разрезе Среднего Каспия летом 2006 г. (экз/м3)

такими видами, как эндемик Каспия *Trichocerca caspica caspica* и *Tesutdinella patina patina*. Ветвистоусые рачки были представлены несколькими видами – *Polyphemus exiguus*, *Cercopagis anonyx*, *Pleopis polyphemoides*, *Evadne anonyx typica*, *Ev. anonyx producta*, *Ev. anonyx prolongata*, *Podonevadne trigona typica*, *P. trigona pusilla*. Довольно высоко была численность и биомасса веслоногого рачка *Acartia clausi*. Из прочих зоопланктеров можно отметить личинок *Balanus*. Личинки

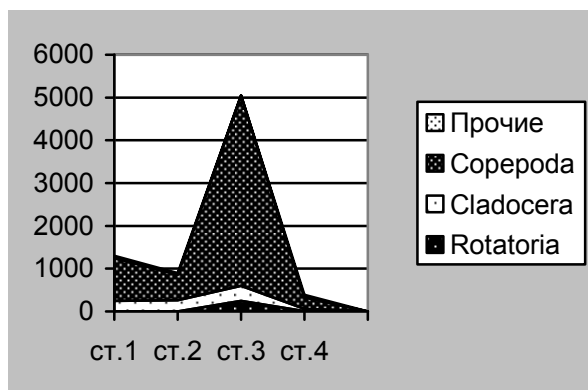


Рис. 2. Распределение мезозoopланктона на Кубинском разрезе Среднего Каспия летом 2006 г. (экз/м³)

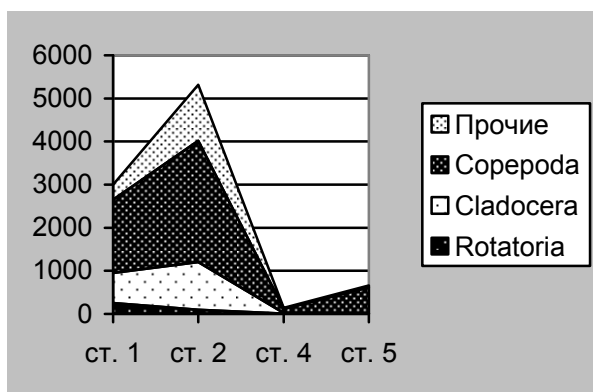


Рис. 3. Распределение мезозoopланктона на Сиязанском разрезе Среднего Каспия летом 2006 г. (экз/м³)

мнемиопсиса в этом разрезе не встречено, хотя взрослые гребневика наблюдались. Объясняется это главным образом тем что, в этом части Каспия *Mnemiopsis leidyi* не размножается.

Кубинском разрезе (рис.2) численность мезопланктона увеличилась до 1909 экз/м³, а биомасса 102,02 мг/м³. Эти показатели является, самыми высокими исследованного часть Каспия. Группа *Rotatoria* была представлена; *A. priodonta priodonta*, *B. quadridentatus*, *K. cochlearis*, *T. patina patina*. Ветвистоусые рачки были представлены главным образом, *Pl. polyphemoides*-ом. Меньшую роль играли другие виды. Здесь встретилось личинки *Mnemiopsis*, *Balanus* и *Mollusca*. На Сиязанском (рис.3) разрезе численность мезопланктона составила 2222 экз/м³, а биомасса 63,34 мг/м³. Коловратки были представлены главным образом *A. priodonta priodonta*, меньшую роль играл *B. urceolaris*. Среди ветвистоусых рачков доминировал *Pl. polyphemoides*. Численность *Pl. polyphemoides* достигала 303 экз/м³, а биомасса 9,10 мг/м³. Другие представители отряда *Cladocera* встречались в малом количестве. Веслоногих рачков представляла *A. clausi* численность который достигала 714 экз/м³, а биомасса 46,41 мг/м³. Личинки *Copepoda* образовывали значительную высокую численность (591 экз/м³) и биомассу (4,14 мг/м³). Численность личинок мнемииопсиса достигала 209 экз/м³. Количество личинок *Balanus* тоже увеличилась.

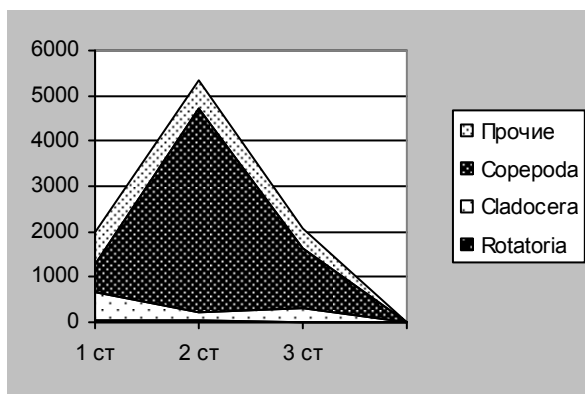


Рис. 4. Распределение мезозoopланктона на Гилязинском разрезе Среднего Каспия летом 2006 г. (экз/м³)

На Гилязинском разрезе (рис. 4) численность мезопланктона летом 2006 г. составляла 3140 экз/м³, а биомасса 83,14 мг/м³. Коловратки были представлены *A.pridonta pridonta* и *T.caspica caspica*. Среди ветвистоусых рачков доминируют *P.trigona typica* численность которых достигала 57 экз/м³, а биомасса 6,67 мг/м³. Летом 2006 г. во всех станциях Гилязинского разреза огромную роль играл веслоногий рачок *A. clausi*. Численность *A. clausi* достигала 836 экз/м³, а биомасса 54,38 мг/м³. Личинки *Copepoda* в заметном количестве (1317 экз/м³ или 9,22 мг/м³) присутствовали во всех станциях разреза. Как мы показали выше, роль вселенцев в сообществе очень высоко. После вселение мнемнопсиса из состава зоопланктона исчез ценные кормовые организмы *E. grimmeri* и *E. minor*. Недавний вселенец веслоногий рачок *A. clausi* начал играть важнейший роль в зоопланктоне. Другие вселенцы, например, *P. polyphemoides* тоже образуют значительную численность и биомассу.

Таким образом, проникновение экзотических видов в Каспийскую экосистему, привело к перестройке видового и количественного аспекта Каспийской фауны.

Литература

1. Курашова Е.К., Тиненкова Д.Х., Петренко Е.Л., Тарасова Л.И. Рыбохозяйственные исследования на Каспии: Результаты НИР за 2001 год. // Касп. НИИ рыб.х – ва. – Астрахань, 2002, с. 86 – 96.

2. Востоков С.В., Ушивцев В.Б., Лицицын В.Е. Соловьев Д.М. Летнее состояние популяции гребневика *Mnemiopsis leidyi* в Каспийском море и его связь с условиями среды обитания.// Океанология, том 44, №1, 2004, с. 101 – 109.

3. Джашилов А.Г. Численность и размерный состав популяции гребневика *Mnemiopsis leidyi* Азербайджанского сектора Каспийского моря // Материалы международной научно – практической конференции,

«Морская экология 2007» (МОРЭК – 2007), 2 – 5 октября 2007 г., Владивосток, Россия, т. I, стр. 186-190.

4. Карпюк М.И., Катунин Д.Н., Абдусамадов А.С., Сокольский А.Ф., Егоров С.Н., Камакин А.М., Воробьева А.А., Галушкина Н.Б., Кравченко Е.А. Оценка влияния *Mnemiopsis leidyi* на биоту Каспийского моря и разработка мер по сокращению его численности // Рыбохозяйственные исследования на Каспии: Результаты НИР за 2004 год. / Касп. НИИ рыб. хоз – ва, Астрахань, 2005, с. 154 – 174.

5. Методы мониторинга в Каспийском море. // Под ред. А.Г.Касимова /Баку, 2000, 57 с.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНБЮМ НАН УКРАИНЫ В ОБЛАСТИ ОПЕРАТИВНОЙ БИООКЕАНОГРАФИИ

Токарев Ю.Н., Мельников В.В.

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского
Национальной академии наук Украины
пр. Нахимова 2, Севастополь, 99011, Украина

тел. +380 692 544110, факс +380 692 557813 факс, y.tokarev@gmail.com

Correspondent member of the Crimean Academy of Sciences, Doctor of Philosophy (PhD) in Biological Sciences. Senior Research Scientist of the Institute of Biology of the Southern Seas NAS of Ukraine

Биологическая океанография, родившаяся в 60-х годах прошлого века, как раздел морской биологии, прошла за 50 лет эволюционное развитие от обобщения биологических и физических данных экспедиционных исследований до современных дистанционных аэрокосмических методов, которые *per se* являются новым видом прикладного использования гидробиологии. Примером могут служить использование её методик при поисках потенциально-промысловых ресурсов или оперативной оценки экологического состояния водоемов. Современное решение как глобальных, так и локальных экологических проблем методами биологической океанографии сводится чаще всего к методологии пелагической биогеографии, на основе анализа жизненных циклов гидробионтов, структуры водных масс и течений, пищевых цепей в популяциях, потоков вещества и энергии в биологических сообществах, проблем роста и не таксономических агрегаций, а также влияния на эти процессы различных факторов среды.

Если, однако, сопоставить масштабы гидрологических и биологических процессов и существующие общепринятые (рутинные) методы исследования гидробиологических явлений, то становится очевидным, что в диапазоне от секунд до суток в биологической океанографии существуют очевидные методические проблемы. Прежде всего это касается методов и приборов для исследования мелкомасштабной структурированности пелагических сообществ - фундаментальной основы протекающих в пелагической экосистеме процессов. Поэтому концепция мелкомасштабной агрегированности

планктона разработана в современной гидробиологии недостаточно. В частности, практически неисследованным вопросом остается проблема взаимосвязи гидродинамической турбулентности и распределения планктона в верхнем продуктивном слое в пространственном диапазоне от метра до сотен метров и во временном – от минуты до суток. Исследование этих процессов *in situ* требует разработки принципиально новых экспрессных методов и гидробиофизических комплексов аппаратуры, которые бы позволяли синхронно получать непрерывный массив гидрологических, гидробиологических и биофизических данных во временном диапазоне от секунд до нескольких часов.

В 2009 г. в ИнБЮМ НАН Украины созданы буксируемые и зондирующие комплексы аппаратуры, которые впервые позволили приступить к решению проблем оперативной биологической океанографии на мелкомасштабном уровне (Рис. 1).



Рис. 1 Новый гидробиофизический комплекс приборов ИнБЮМ НАН Украины, разработанный в 2008-2009 г. для решения проблем оперативной биологической океанографии.

Эти комплексы включают в себя гидробиофизический зонд «Сальпа-М» (1), Кассетный планктонометр (2), батометр (3), систему спутниковой навигации (4) и многочастотный эхолот (5). Одновременное использование этого комплекса приборов (Рис. 2) позволяет получать синхронные данные по температуре, солености, мутности, фотосинтетически активной радиации, биолюминесценции, хлорофиллу «а», кислороду, с одновременным автоматическим отбором большого числа биологических проб.



Рис. 2 Гидробиофизический комплекс «Сальпа М» и Кассетный планктонометр на борту маломерного судна.

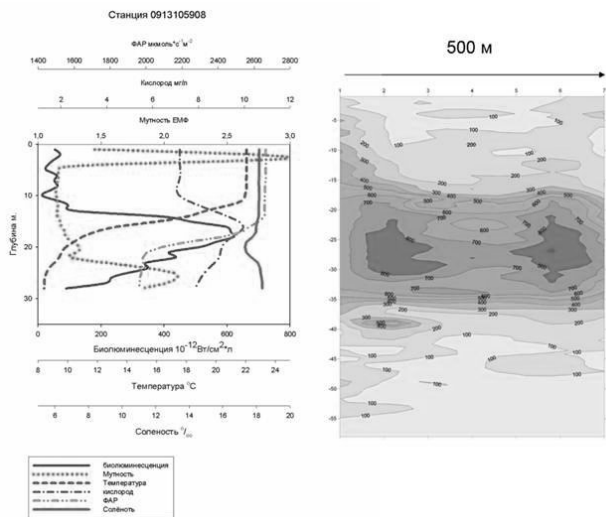


Рис. 3. Пример гидрологических и биофизических данных, полученных комплексом «Сальпа-М», на расстоянии 500 м в прибрежной зоне Севастополя.

Преимущество данного комплекса заключается в том, что при его использовании (рис. 3), можно оперативно получать экспрессную гидрологическую, и гидробиологическую информацию о состоянии экосистем исследуемых регионов, включая реки, озера, мелководные и глубоководные районы Мирового океана в диапазоне метры – сотни метров с борта судна любого водоизмещения

Использование описанных выше, не имеющих аналогов приборных комплексов, впервые позволяет выполнять экспрессные исследования экологического состояния прибрежных и океанических экосистем на мелкомасштабном уровне методами оперативной океанографии.

НОВЫЙ ГИДРОБИОФИЗИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЭКСПРЕССНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Токарев Ю.Н., Василенко В.И., Жук В.Ф.

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского
Национальной академии наук Украины
пр. Нахимова 2, Севастополь, 99011, Украина
тел. +380 692 545642, факс +380 692 557813 факс,

y.tokarev@gmail.com

В 2008 г. сотрудниками отдела биофизической экологии ИнБЮМ совместно со специалистами «Гидрооптик Ltd» и «Аквастандарт –Юг» разработан новый тип прибора «Сальпа-М» для исследования интенсивности биолюминесцентного излучения в деятельном слое водной среды (0-200 м.) в режиме многократного вертикального со скоростью 1,2 м/с и горизонтального (буксировка) зондирования со скоростью до 7 км/ч, с одновременным измерением температуры, гидростатического давления, мутности и фотосинтетически активной радиации (Рис. 1). Вес прибора не превышает 15 кг., он рассчитан на автономное электропитание 24в. Основной особенностью комплекса «Сальпа М» является то, что он способен давать данные по биолюминесценции морской среды.

Биолюминесценция – важный элемент функционирования пелагического сообщества, который может быть использован для экспресс-оценки его структурированности и функционального состояния. Свечение морских гидробионтов это проявление их жизнедеятельности в виде электромагнитного излучения в видимой области спектра, кинетические закономерности которого тесно связаны с механизмом порождающих их химических реакций и процессов метаболизма.

Создаваемый совокупностью морских организмов в толще воды суммарный световой эффект называется полем биолюминесценции (ПБ).

Как физическое поле оно характеризуется интенсивностью, энергией, оптическим и частотным спектрами. Поскольку это поле формируется биологическими объектами, оно характеризуется также биологическими признаками, а именно – числом составляющих его вспышек отдельных организмов, а также гетерогенной структурой (неоднородностью) их распределения во времени и пространстве.



Рис. 1 Гидробиофизический зонд «Сальпа М»

Важнейшей энергетической характеристикой ПБ является биолюминесцентный потенциал – усредненный по времени измерения и отнесённый к единице просмотренного объёма лучистый поток, излучаемый организмами, находящимися в объёме, в котором обеспечивается возбуждение их световой энергии (по Левину, 1972):

$$B(p) = \int_0^t B(t)dt \quad (1),$$

где: $B(p)$ – биолюминесцентный потенциал

1-метрового слоя;

t - время нахождения батифотометра в этом слое;

$B(t)$ - интенсивность высвечивания единичного биолюминесцента в темновой камере батифотометра.

Среди существующих методов измерения сигналов биолюминесценции в толще воды (буксировка фотометров, вывешивание их на заданном горизонте, установка с помощью специальных ферм на дне и т.д.) наиболее перспективным и точным признается метод зондирования. Суть этого метода состоит в том, что планктонные биолюминесценты, вносящие основной вклад в формирование биолюминесцентного потенциала пелагиали, высвечиваются, как правило, только при раздражении. Поэтому движущийся с постоянной скоростью батифотометр создает стандартный уровень механического раздражения биолюминесцентов, что позволяет корректно сравнивать результаты измерений вертикальной структуры ПБ, выполняемые в разных регионах и при различных погодных условиях (качка, ветровой снос и т.д.).

Лаборатория биолюминесценции отдела биофизической экологии ИнБЮМ НАН Украины, зачинатель инструментальных исследований ПБ на Украине, осуществляла поэтапное развитие измерительной и регистрирующей аппаратуры на протяжении более 40 лет. Совершенствование комплектующих материалов и идеологии конструирования аппаратуры для измерения биолюминесценции привели к естественной эволюции методов и приборного парка измерительной техники – от сравнительно простых батифотометров, работающих в логарифмическом или линейном режимах до целого семейства специальных гидробиофизических комплексов с использованием современной вычислительной техники и информационных технологий.

По структурно-функциональному построению комплекс «Сальпа-М» включает 5 измерительных и служебных каналов (Рис 2):

- канал биolumинесценции (диапазон измерений 10^{-13} - 10^{-8} Вт·см⁻²·л⁻¹);
- канал температуры (диапазон измерений от -2 до 35⁰С);
- канал давления (диапазон измерений 0 – 2 Мра);
- канал передачи информации и управления работой ПУ;
- канал контроля и сигнализации.

Структурно измерительный канал интенсивности биolumинесцентного излучения и состоит из функционально обусловленных частей – измерительной камеры, светового коллектора, фотоприемного устройства, устройства управления и интерфейсного устройства. Устройство интерфейсное так же является измерительным для измерения температуры и давления. Перевод биolumинесцентных в активное состояние, при котором они испускают световую энергию, производится механическим методом. Для этого применена измерительная камера, состоящая из восьми лопастных импеллеров, которые, располагаясь в камере двумя, разнесенными по оси, группами по четыре импеллера в каждой. Для уменьшения влияния солнечного света четыре ряда зачерненных импеллеров, состоящие из двух групп рядов взаимно перпендикулярных углов атаки образуют подвижную светоловушку, обеспечивают при минимальном сопротивлении набегающему потоку водной среды, ослабление световой энергии в 2×10^7 раз. При осевом движении измерителя биolumинесценции набегающий поток исследуемой водной среды поступает в измерительную кювету. Проходя четыре ряда лопастных импеллеров водная среда активно перемешивается и биolumинесцентные, находящиеся в ней, возбуждаются.

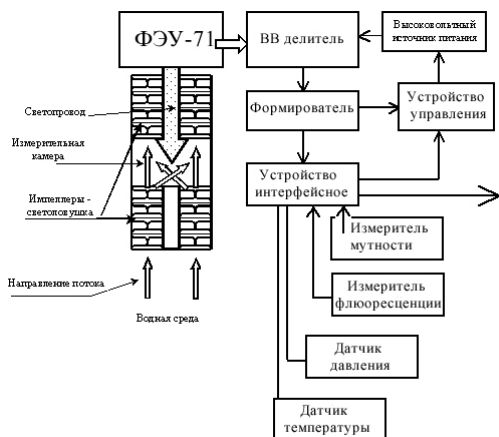


Рис. 2 – Структурная схема погружного зонда «Сальпа-М».

Латентное время (время послесвечения микроорганизмов) определяется видовым составом микроорганизмов. Для измерения интегральной энергии биолюминесцентного потенциала время нахождения возбужденного микроорганизма в объеме, равно – угловой чувствительности коллектора, должно быть как можно большим. Как отмечалось ранее, время послесвечения микроорганизмов определяется их видовым составом. При этом время нахождения микроорганизмов в рабочей измерительной кювете после механического воздействия определяется скоростью потока водной среды через измерительную кювету. При решении задачи регистрации биолюминесценции микроорганизмов предварительный анализ гидродинамического потока водной среды через измерительную камеру показал необходимость формирования турбулентного потока в средней части камеры. Особая конструкция светопровода, формирующего конусную диаграмму направленности, обеспечивает передачу энергии биолюминесценции микроорганизмов со всего объема рабочей камеры на фотоприемное устройство.

Использование гидробиофизического зонда «Сальпа М» представляет собой новый шаг в области оперативного биологического мониторинга, поскольку его конструкция обеспечивает возможность работать с судов любого водоизмещения. В результате этого открывается возможность исследовать мелкомасштабное распределение прибрежного планктона в масштабе от метров до сотен метров и по времени от минут до суток. Мелкомасштабное распределение прибрежного планктона в зависимости от сгонно-нагонных, приливно-отливных явлений, влияния гидрологических фронтов, внутренних волн и течений, до сих пор практически не исследовано. Важность исследования этих процессов обусловлена тем, что именно в этой зоне происходит размножение и расселение большинства донных видов, подъемы и опускания вод изменяют биологическую продуктивность и именно тут морское сообщество наиболее чувствительно к деятельности человека. Новый комплекс можно также успешно использовать для экспрессных оценок состояния водной среды в районах морских гидротехнических сооружений и в зонах экологических катастроф.

КАССЕТНЫЙ ПЛАНКТОНОМЕТР

Мельников В.В., Темных А.В.

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского Национальной академии наук Украины

пр. Нахимова 2, Севастополь, 99011, Украина тел. +380 692 545642, факс +380 692 557813, e-mail sevlin@rambler.ru, atemnykh@rambler.ru

Точность и корректность процесса исследования в планктонологии зависит от правильного выбора пробоотборника. На протяжении ста лет исследователями решается данная методологическая задача – не существует универсального орудия сбора проб, которое подходило бы под любую задачу.

Если сопоставить масштабы гидрологических и биологических процессов и методы для исследования гидробиологических явлений, то становится очевидным, что в диапазоне от секунд до дней в гидробиологии существует методический «вакуум»: здесь используются преимущественно косвенные методы биофизической оценки состояния морских экосистем: биолюминесценция, акустика, флуоресценция, ФАР и т.д., либо в дрейфе опускают насосы или батометры, которые вносят большие возмущения в гидродинамику и нерепрезентативны, поскольку часть популяции зоопланктона не представлена в пробе из-за избегания. Видеосъемка как метод имеет, бесспорно, большое будущее, но без сбора проб она также дает весьма приблизительные данные о составе планктона.

Самое совершенное орудие лова для сбора зоопланктона природа создала около 350 миллионов лет назад – это китовая акула (Рис. 1), которая при движении обычно активно всасывает воду (до 6000 л/ч), пропуская её через жаберы, оснащённые фильтрационным аппаратом (сторона ячеек составляет всего 1-3 мм). Мелкие рачки, моллюски и личинки рыб просеиваются сквозь это сито и накапливаются во рту. По мере набора еды акула глотает. В сутки она обычно ест 100 – 200 килограммов зоопланктона.

В 2008 г. в отделе биофизической экологии Института биологии южных морей НАН Украины с целью исследования состава и размеров пятен зоопланктона, особенностей его тонкого распределения в слоях гидрологических и гидрохимических градиентов, распределения под влиянием циркуляции Ленгмюра, внутренних волн и др. был разработана механическая модель китовой акулы. Новый планктоносорбитель, названный Кассетным Планктонометром

Мельникова – Темных (КПМТ), имеет всасывающее устье 500 см², 10 фильтрующих конусов из сита 115 микрон, сервисные механизмы и датчики при малых габаритных размерах (длина прибора 150 см) и весе 25 кг (Рис. 2).

КПМТ буксируется на металлическом тросе со скоростью 1,5-2 метра в секунду. Прибор может отбирать пробы на заданном горизонте, двигаться по синусоиде и облавливать тонкие по вертикали слои с интервалом примерно 1 м. После завершения работ он автоматически всплывает к поверхности, отключает все записывающие устройства, сохраняет данные и включает габаритные огни, которые информируют капитанов проходящих судов, что в этой зоне ведутся подводные работы.



Рис. 1 Китовая акула фильтрует зоопланктон

(источник: www.onlythemoost.info)

Компьютер КПМТ включается в момент погружения в воду: в устье пробоотборника начинает вращаться титановый пропеллер, который регистрирует объем проходящей воды, расстояние и среднюю скорость потока. Фильтрационный аппарат планктонометра состоит из 10 планктонных сетей, которые последовательно открываются и закрываются под влиянием специальной турбины, которая вращается

под действием встречного потока воды. Прибор реагирует не только на движение воды, но и на увеличение давления при погружении: его самописец рисует траекторию движения устройства под водой в режиме реального времени. Данные датчика температуры записываются в память, что позволяет получать профили изменений температуры после завершения работ. Бортовое электрическое оборудование питается от солнечных батарей, которые заряжаются автоматически, как только устройство попадает под прямые лучи солнца.

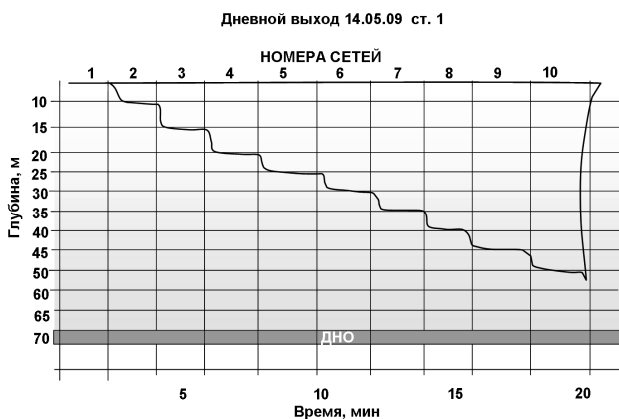


Рис. 2 Кассетный планктонметр Мельникова – Темных (2009) и траектория его движения в слое 0-50 м .

Эта механическая «акула» может плавать глубине 2 - 3 м от дна, где обычными сетками работать невозможно. КПМТ можно даже положить в ручей или реку, где устройство будет усердно «глотать» проплывающий планктон. Новый пробоотборник дает исследователям уникальные данные, ведь он может плавать глубине 2 - 3 м от дна, где обычными сетками работать невозможно. Механическую «акулу» можно даже положить в ручей или реку, где она будет усердно «глотать» проплывающий планктон. Крайне интересным является ее применение на нижней границе «живой» зоны в Черном море и в двухслойном Мраморном море, где наблюдаются плотные и практически не исследованные скопления планктона. Данное устройство может дать принципиально новые данные о распределении планктона в озере Байкал.

Перспективное развитие конструкции кассетного планктонметра, очевидно, предполагает разработку полностью автономного устройства, которое, как настоящая китовая акула, сможет целыми днями самостоятельно плавать по заданному маршруту, определяя курс в периоды всплытий по данным спутников и собирать огромное количество зоопланктонных проб и гидрологических данных.

Разработка и создание подобных устройств дает уникальную возможность исследования тонких механизмов расселения придонных видов, особенности суточных вертикальных миграций разных планктонных видов, определять характеристики и размеры их скоплений, изучать зоны гидрологических фронтов (типа река-море) и градиентов, приливно-отливные и сгонно-нагонные явления и т.д. Использование таких приборов порождает целый спектр новых научных задач, которые приоткроют завесу тайны распределения зоопланктона, что может в корне изменить наши представления о функционировании морских сообществ.

**ПРОВЕДЕНИЕ РАДИАЦИО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ
ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЙ С ПОМОЩЬЮ ПОГРУЖНЫХ ГАММА-
СПЕКТРОМЕТРОВ**

Казеннов А.Ю., Гапонов И.А., Кикнадзе О.Е., Пименов А.Е.

РНЦ «Курчатовский институт», 123108, г.Москва, пл.Курчатова д.1,
тел/факс (499)196-99-34, iag@dhtp.kiae.ru

Coastal water areas radioecological survey by underwater gamma-spectrometers is discussed on the basis of in-situ measurements at Gremiha. With the help of operatively received information an aquatic environment pollution maps have been made. The activity of accumulated radionuclides have been also estimated.

В последнее время в связи с возросшим вниманием к экологическим и, в частности, радиоэкологическим проблемам, накопившимся за время становления и развития нашего атомного флота, не последнее место занимает необходимость проведения комплексных радиоэкологических обследований береговых баз флота, включая прилегающую к ним акваторию. Для этих целей, с точки зрения оперативности получения информации и минимизации трудозатрат, оптимальным является прямое измерение радиоактивности с помощью специализированной подводной аппаратуры радиационного контроля (погружных гамма-спектрометров).

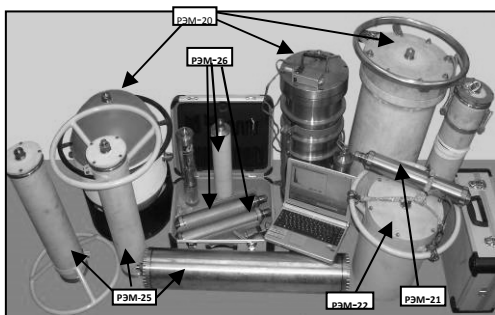


Рис.1 Комплекс подводных спектрометров серии РЭМ

Такая аппаратура была разработана в РНЦ КИ (рис.1) и активно использовалась при радиологических обследованиях заливов Новой Земли, ПВХ п. Гремиха, затонувших АПЛ «Ком-сомолец», «Курск», Б-159.

Радиационно-экологическое обследование ПВХ в п.Гремиха (бывшая база ВМФ "Гремиха"), расположенного на северо-восточном побережье Кольского полуострова, было начато в 2003 г. и активно продолжено в 2004-2005 гг. Прямые измерения проводились с помощью подводных спектрометров серии РЭМ, при использовании маломерных плавсредств, в том числе и обычной резиновой лодки. (рис. 2). Всего с помощью подводных гамма спектрометров на прилегающей к ПВХ акватории было проведено около 200 прямых измерений уровней радио-нуклидного загрязнения воды и донных отложений. При этом общее время проведения работ на акватории не превышало одной недели ежегодно.



Рис.2 Проведение работ в акватории с борта маломерного судна

На основе полученной информации были построены картограммы загрязнения донных осадков радионуклидами техногенного и естественного происхождения акваторий (рис.3) вблизи ПВХ (в частности губы Червяная). Оценена динамика изменения загрязнений. Выполнены оценки запаса радио-нуклидов, накопленных в бухте Червяная, и определен выход радиоактивного загрязнения с территории ПВХ в прилегающую акваторию, а также поступление радионуклидов в донные осадки и окружающую среду Баренцева моря.

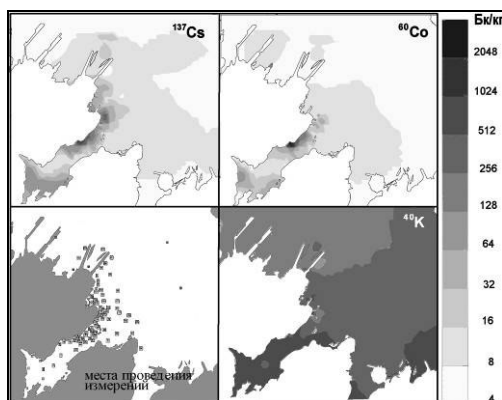


Рис. 3 Места измерений радиоактивности подводным спектрометром и картограммы распределения техногенных (^{137}Cs , ^{60}Co) и природного (^{40}K) радионуклидов в донных отложениях прибрежной акватории ПВХ в п.Гремиха (2006 г.) (Бк/кг сухого веса)

**МЕТОДИКА И АППАРАТУРНЫЕ СРЕДСТВА, ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ПРИ
ПРОВЕДЕНИИ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА АПЛ Б-159 И К-278
(«КОМСОМОЛЕЦ»)**

Гапонов И.А., Казеннов А.Ю., Кикнадзе О.Е, Пименов А.Е.

РНЦ «Курчатовский институт», 123182, Москва, пл.академика Курчатова,
д.1, тел./факс 8(499)1969662, ok@dhtp.kiae.ru

In this report the data on radiation monitoring of nuclear-powered submarines B-159 and K-278 “Komsomolets” are presented. The study has been conducted by means of new underwater gamma spectrometers developed in RRC «Kurchatov institute». Characteristics of equipment and the used technique are also included in this paper.

В докладе представлены сведения о работах по радиационному мониторингу АПЛ Б-159, затонувшей 30 августа 2003 года в 3,7 милях от острова Кильдин. Работы проводились с 28 июня по 9 июля 2007 г. в рамках международного сотрудничества МО РФ и Великобритании по программе АМЕС, международной программы военного сотрудничества в Арктике по вопросам охраны окружающей среды.

Комплекс подводных гамма-спектрометров РЭМ-2Х, использовавшийся в этой работе, был разработан в РНЦ «Курчатовский институт» на базе опыта проведения предыдущего радиационного обследования Б-159, а также с учетом новых требований к средствам

доставки оборудования на АПЛ. В настоящее время в состав комплекса входят 5 подводных гамма-спектрометров, которые отличаются друг от друга областью применения и конструктивными особенностями.



Рисунок 1. Расположение гамма-спектрометра РЭМ-25

на ТПА «Тритон».

В ходе проведения радиационного обследования выход из АПЛ техногенных радионуклидов обнаружить не удалось. Концентрация долгоживущего техногенного радионуклида ^{137}Cs в месте наиболее вероятного его выхода из АПЛ не превышает предела обнаружения аппаратуры - 40 Бк/м^3 , что в 250 раз меньше предельно допустимой концентрации этого радионуклида в питьевой воде.

Верхний предел оценки активности ^{137}Cs внутри РО (в районе ремонтного люка) составляет не более 200 Бк/л ($5 \cdot 10^{-9} \text{ Ки/л}$). Согласно данным, полученным с помощью высокочувствительного подводного спектрометра РЭМ-22, активность воды непосредственно в надреакторном пространстве не превышала значения 25 Бк/л ($6,8 \cdot 10^{-10} \text{ Ки/л}$).

Зафиксированные уровни мощности экспозиционной дозы гамма-излучения на воздухе, в морской воде и донных отложениях района

затопления АПЛ Б-159 не отличаются от фоновых значений, характерных для этого региона.

Результаты экспериментальных измерений и расчетных оценок позволили сделать заключение о состоянии реакторных установок и целостности защитных барьеров АПЛ, а также получить прогноз о возможных изменениях радиационной ситуации в районе аварии.

Вторая экспедиция, о которой говорится в данном докладе - экспедиция к месту аварии К-278 (АПЛ «Комсомолец») - была предпринята 12 – 24 августа 2007 г. с целью сбора данных о состоянии защитных конструкций в носовой части АПЛ и уровне радиационного фона в районе торпедного и реакторного отсеков. В этой работе также использовался комплекс подводных гамма-спектрометров РЭМ-2Х, разработанный в РНЦ «Курчатовский институт», а именно – спектрометры РЭМ-25 и РЭМ-26 с капсулами из сплава титана, максимальная глубина погружения которых составляет, соответственно, 2000 и 6000 м. В качестве средства доставки подводных гамма-спектрометров использовались ГОА «Мир-1» и «Мир-2».

В ходе обработки измеренных спектров не удалось обнаружить в морской воде наличия техногенных гамма излучающих радионуклидов (в частности, ^{137}Cs) на уровне более 0,5 Бк/л, около корпуса АПЛ и при движении к АПЛ. Результаты обследования показали, что на сегодняшний день не обнаружено мест значимого (т.е. > 0,5 Бк/л) выхода техногенных радионуклидов из АПЛ «Комсомолец». Сопоставление данных, полученных в ходе экспедиции 2007 г. с результатами предыдущих обследований показывает, что выход ^{137}Cs из реакторной установки АПЛ через трубу вентиляции уменьшился не менее, чем в 30 раз, если принять за точку отсчета данные 1995 г., когда концентрация ^{137}Cs в вентиляционной трубе реакторного отсека была оценена на уровне ~ 600 Бк/л ($1,6 \times 10^{-8}$ Ки/л).



Рисунок 2. Размещение гамма-спектрометра РЭМ-26 в вентиляционной трубе реакторного отсека АПЛ «Комсомолец»

Опыт экспедиционных работ показал, что методика и аппаратные средства радиационного мониторинга водных сред, разработанные в РНЦ «Курчатовский институт», на сегодняшний день являются одним из наиболее удобных и универсальных инструментов проведения оперативного обследования подводных потенциально опасных объектов.

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ОДНОВРЕМЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФЕНОЛА И ХЛОРФЕНОЛОВ В ВОДЕ В ВИДЕ ПРОИЗВОДНЫХ МЕТОДОМ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Халиков И.С., Савин Ю.И.

ГУ «НПО «Тайфун», г. Обнинск, ул. Победы, 4.

Тел/факс (48439)71884, e-mail: khalikov@typhoon.obninsk.ru

A method of simultaneous determination of phenol and chlorophenols in water existing in the form of their derivatives with the gas chromatography method was developed.

Фенол и хлорфенолы относятся к приоритетным высокотоксичным загрязнителям природных объектов, в том числе морских. Образование фенолов обусловлено как природными процессами, связанными с биохимическим синтезом и трансформацией органического вещества, так и техногенным происхождением.

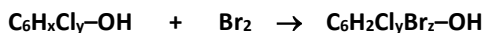
Определение фенола и хлорфенолов может помочь при оценке потенциальной диоксиновой опасности объектов природной среды, так как они являются прямыми предшественниками чрезвычайно опасных ксенобиотиков полихлорированных дибензо-п-диоксинов.

Для определения содержания фенолов в воде в практике большинства лабораторий обычно применяют экстракционно-фотометрические методы, которые позволяют определить так называемый «фенольный индекс» – суммарную концентрацию фенолов, отгоняемых с паром и образующих окрашенные соединения с 4-аминоантипирином. Однако данные способы неселективные и малоинформативные, поскольку не позволяют определять индивидуальные соединения.

Для определения микроколичеств фенола и хлорфенолов нами предлагается подход к дериватизации, основанный на эффективном использовании их реакционной способности, а именно бромировании и последующим ацетилировании или силилировании полученных галогенфенолов.

Фенолы, хлорфенолы и дихлорфенолы бромруются в водной фазе в положения 2, 4 и 6, не занятые атомом хлора или другой группой. Таким

образом фенол образует 2,4,6-трибромфенол, а моно- и дихлорфенолы соответственно ди- и монобромпроизводные:



$$x=3-5; y=0-2;$$

$$y=0-2; z=1-3;$$

$$x+y=5$$

$$y+z=3$$

При дальнейшем бромировании (длительность реакции, большой избыток брома) тригалогенпроизводных еще один атом брома может присоединиться в пара-положение с образованием хиноидного соединения 2,4,6-тетрагалогенциклогекса-2,5-диенона.

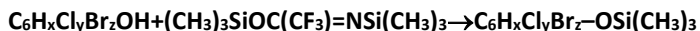
При химической модификации фенола, хлорфенолов (ХФ) и дихлорфенолов (ДХФ) в их бромпроизводные выравниваются значения относительных молярных откликов с трихлорфенолом (ТХФ) и пентахлорфенолом (ПХФ), что важно при одновременном газохроматографическом анализе этих соединений.

Бромирование повышает гидрофобность данных веществ, что значительно увеличивает эффективность экстракционного концентрирования производных. Последующее ацилирование и, или силилирование галогенфенолов улучшает газохроматографические характеристики: уменьшает полярность соединений, понижает температуры кипения. Эти дериваты устойчивы в газовой фазе в широком интервале рабочих температур. Одновременное ацилирование и силилирование повышает надежность и достоверность идентификации галогенфенолов.

Нами были опробованы и оптимизированы способы бромирования и дальнейшего ацетилирования и силилирования с целью выбора наиболее пригодного для экспресс-анализа фенолов. Выбраны оптимальные условия бромирования, ацетилирования и силилирования

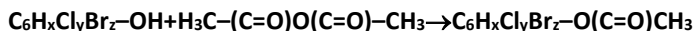
– концентрации реагентов для дериватизации, компонентов раствора, влияние времени, температуры и соотношения концентраций, а также последовательность выполнения операций.

Бромирование проводили бромид-броматным раствором в кислой среде, экстракцию - гексаном, силилирование осуществляли раствором BSTFA (N,O – бис(триметилсилил) трифторацетамидом) в ацетоне, ацетилирование смесью раствора карбоната калия и уксусного ангидрида:



$x=0,2$; $y=0,1,2,3,4,5$;

$z=0,1,2,3$; $x+y+z=5$



Методику разрабатывали для одновременного определения в воде следующих фенолов: фенола; 2-хлорфенола; 2,4-дихлорфенола; 2,4,6-трихлорфенола и пентахлорфенола.

В настоящей работе использовали переносной газовый хроматограф “ЭХО-В” (КТИ ГЭП СО РАН) с ионным детектором перестраиваемой селективности и поликапиллярной колонкой с неподвижной фазой SE-30, совмещенным с компьютерной системой сбора и обработки хроматографических данных «Сорбат» (Россия). Экспериментальная часть. Для приготовления стандартных растворов применяли ГСО индивидуальных фенолов, реактивы и растворители квалификации не ниже ч.д.а. К 95 мл анализируемой воды с фенолом и хлорфенолами, помещенной в мерную колбу вместимостью 100 мл, добавляли 0,3 мл HCl (конц.), 2 мл 0,1 н бромид-броматного раствора (раствор 1,4 г бромата калия и 5 г бромида калия в 500 мл воды), закрывали пробкой и

встряхивали в течение 10 минут. Затем реакцию бромирования прекращали, добавляя 1 мл 2,5 % раствора сульфата гидразина, приливали 0,7 мл гексана и проводили экстракцию в течение 10 минут. Силилирование осуществляли добавлением 0,005 мл свежеприготовленного 5 % раствора BSTFA (N,O – бис(триметилсилил) трифторацетамида) в ацетоне к 0,2 мл экстракта и нагреванием при 45-50 °С в течение 20 минут. К остальной части реакционной смеси в колбе с 0,5 мл гексана добавляли 2 мл 30 % раствора карбоната калия; 0,3 мл уксусного ангидрида и ацетилювали при встряхивании в течение 30 минут при комнатной температуре (до прекращения выделения углекислого газа). С помощью микрошприца отбирали по 1 мкл органической фазы из экстрактов с силильными и ацетильными дериватами и проводили газохроматографический анализ. На полученных хроматограммах выделяли пики веществ, характеризующиеся близкими с производными галогенфенолов относительными временами удерживания (рисунок 1).

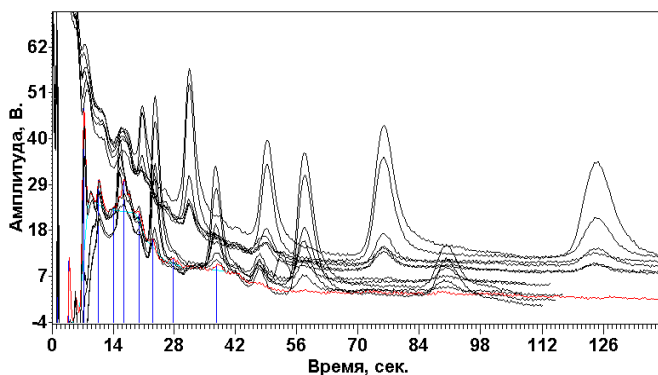


Рисунок 1. Хроматограмма силилированных и ацетилованных производных галогенфенолов в зависимости от их содержания. Максимальные пики соответствуют содержанию 10 мкг/л фенола и хлорфенолов в воде

В таблице 1 приведены оптимальные условия газохроматографического анализа, времена удерживания ацетильных и силильных производных фенолов и их пределы обнаружения. Следует отметить, что чувствительность определения отдельных хлорфенолов можно повысить в несколько раз, изменяя условия бромирования и хроматографического анализа.

Таблица 1- Характеристики хроматографического определения фенола и хлорфенолов

	ТХФ	ДХФ	ХФ	Фенол	ПХФ
Температура инжектора, °С	230	230	230	230	230
Температура колонки, °С	130	130	130	130	130
Температура детектора, °С	200	200	200	200	200
Поляризующее напряжение, В (И)-инверсия	-20(И)	-20(И)	-20(И)	-20(И)	-20(И)
Время удерживания ацилированных производных после бромирования, сек	15,3	23,4	37,5	57,4	89,6
Время удерживания силилированных производных после бромирования, сек	20,5	31,3	49,1	75,7	124,5
Предел детектирования ацилированных производных, пг/сек (сигнал:шум(2:1))	150	25	15	10	20
Предел детектирования силилированных производных, пг/сек (сигнал:шум(2:1))	150	20	20	10	15
Предел обнаружения ацилированных фенолов в воде, мкг/л (без доп. конц.)	1,5	0,25	0,15	0,1	0,2
ПДК _{сан.-токс.} в воде водоемов, мкг/л	4	2	1	1	10

Благодаря высокой чувствительности и селективности предлагаемого подхода можно определять галогенфенолы, как в сложных по составу образцах (сточные и технологические воды), так и в объектах с предельно низким содержанием (питьевые, поверхностные, морские, осадки). Способ предназначен для надежного определения фенола и хлорфенолов при концентрациях 0,1-50 мкг/л.

Разработанный метод анализа фенола и хлорфенолов с помощью ГХ, успешно применен нами в экспедициях в Балтийском и Черном морях.

**РЕАКЦИОННО-ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ЛЮИЗИТА И ПРОДУКТОВ ЕГО ТРАНСФОРМАЦИИ
В ВИДЕ ЦИКЛИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДНОГО
В ОБЪЕКТАХ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ**

Халиков И.С., Самсонов Д.П., Савин Ю.И.

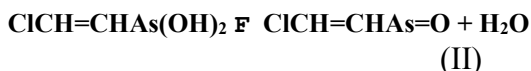
ГУ «НПО «Тайфун», г. Обнинск, ул. Победы, 4.

Тел/факс (48439)71884, e-mail: khalikov@typhoon.obninsk.ru

A method of determining lewisite and the products of its transformation in the environmental objects was developed with the help of derivatization made by 2-mercaptoethanol with the gas chromatography method.

Затопление и захоронение химического оружия – хорошо зарегистрированное явление во всем мире. Для организации и проведения мониторинга за наличием α -люизита (β -хлорвинил-дихлорарсина) и продуктов его трансформации в объектах природной среды (вода, донные отложения, почва), в том числе и морских, необходимы методики анализа этих токсичных веществ. Люизит в объектах природной среды очень быстро гидролизуетс до

β -хлорвиниларсонистой кислоты (I) и далее до довольно устойчивого и токсичного β -хлорвиниларсиноксида (II) [1-3]:



При прямом определении (I) и (II) известными хроматографическими методами возникает ряд трудностей, связанных с их малой летучестью, а также способом концентрирования этих продуктов в пробе.

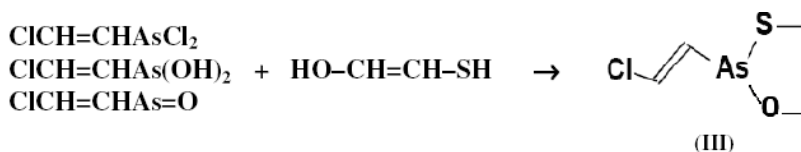
В работах [2-3] исследовано взаимодействие α -люизита и продуктов его гидролиза с алкандитиолами (1,2-этандитиолом; 1,2- и 1,3-пропандитиолами) и показано образование стойких циклических дисульфидов, которые можно анализировать методом газовой хроматографии. Этот подход представляется перспективным, так как он дает возможность концентрирования гидролизированных форм люизита.

Следует отметить, что в реакционной смеси наряду с исходными алкандитиолами и циклическими производными мышьяка были

обнаружены в соизмеримых количествах примеси [2], которые могут мешать определению люизита и продуктов трансформации в природных средах.

Нами была предпринята попытка использовать новый дериватизирующий агент для этих целей, а именно 2-меркаптоэтанол, и разработать газохроматографический метод анализа люизита и продуктов гидролиза в объектах природной среды.

Результаты исследования методом газовой хроматографии (ГХ) показали, что основным регистрируемым продуктом взаимодействия α -люизита и продуктов его гидролиза β -хлорвиниларсонистой кислоты и β -хлорвиниларсиноксида с 2-меркаптоэтанолом в кислой среде являлся 5-(2-хлорвинил)-1,4,5-оксотиоарсолан (III):



Это соединение (III) является достаточно летучим для ГХ, термически стабильным и устойчивым к гидролизу. Производное (III) количественно экстрагируется из водного раствора гексаном. Химическую структуру (III) подтверждали методом хромато-масс-спектрометрии (ХМС). Анализ масс-спектра (рис.1) показал наличие вещества с молекулярной массой m/z 212, содержащего согласно интенсивности дублетной линии m/z 214 атом хлора и атом серы, что соответствовало структуре (III). Циклическая структура производного подтверждалась наличием максимального пика m/z 151, который мог быть приписан образованию устойчивого циклического фрагмента, получающегося при выбросе из молекулы (III) хлорвинильной группы.

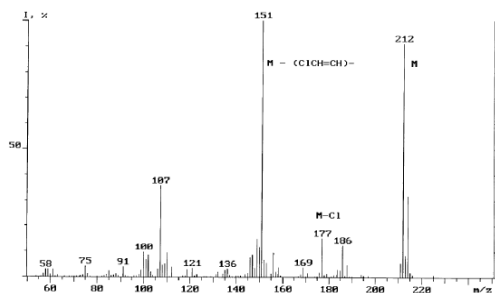


Рисунок 1. Масс-спектр продукта дериватизации (III)

Предварительные эксперименты по изучению эффективности

2-меркаптоэтанола и выбора его оптимальной рабочей концентрации показали, что увеличение содержания дериватизирующего агента приводило к значительному смещению равновесия реакции. Было установлено, что степень превращения β -хлорвиниларсиноксида при мольном соотношении, пятикратном и двадцатикратном избытке

2-меркаптоэтанола соответственно составляет 10; 50 и 85%. Поэтому для обеспечения надежности анализа использовали более высокую концентрацию реагента. Избыток 2-меркаптоэтанола при сравнении с алкандитиолами не мешал определению благодаря его более высокой растворимости в воде.

Было установлено, что для обеспечения максимальной степени дериватизации достаточно 30 мин при комнатной температуре.
Экспериментальная часть. В работе использовали 0,5% раствор

β -хлорвиниларсонистой кислоты в 20% растворе HCl (ГосНИИОХТ), β -хлорвиниларсиноксид (98%, ГосНИИОХТ), 2-меркаптоэтанол (99%, Aldrich), сульфат гидразина (99%), сульфит натрия (99%), «Трилон Б» (99%), конц. HCl (х.ч.), гексан (х.ч.). Для получения стандартных образцов (I) и (II) в воде использовали их исходные растворы. Для приготовления исходного раствора β -хлорвиниларсиноксида в воде растворяли 0,102 г

вещества в 100 см³ 0,1 М HCl под действием ультразвука в течение 10 мин.

Для анализа использовали газовый хроматограф «ЭХО-В» (КТИ ГЭП СО РАН, г. Новосибирск, Россия) с ионизационным детектором перестраиваемой селективности. Для управления прибором использовали программу «Сорбат 6.1». Разделение компонентов проводили на поликапиллярной колонке (200 мм) с фазой SE-30 и толщиной пленки 0,2 мкм. Объем инжектируемого образца 1,0 мкл, время инъекции 1000 мс, время задержки 200 мс. В качестве газ-носителя использовали чистый воздух, скорость 40 мл/мин. Температура инжектора составляла 230°C, колонки – 155°C, детектора – 200°C. Оптимальное поляризующее напряжение детектора составляла 31 В (инверсия). Время удерживания циклического производного 5-(2-хлорвинил)-1,4,5-оксотиаарсолана при этих условиях - 41 с.

Подтверждение анализа и структуры продуктов выполнялось методом ХМС на приборе SATURN 4D (Varian) при регистрации масс-спектра в диапазоне 50-350 а.е.м. Выделение компонентов пробы проводилось на поликапиллярной колонке 30м x 0,32мм с фазой DB-5 в режиме программирования температуры от 60 до 260 °C со скоростью 20 °C/мин. Ввод пробы без деления потока, газ-носитель – гелий.

Градуировочную характеристику устанавливали методом абсолютной градуировки на стандартных растворах (I) и (II). Она выражала зависимость площади пика (III) на хроматограмме от массы продуктов трансформации люизита и строилась по 5 сериям растворов для градуировки. Каждую серию, состоящую из семи растворов (в том числе с нулевой концентрацией вещества) готовили в мерных колбах на 100 см³. Для этого в каждую колбу помещали определенное количество раствора (I) или (II), доводили до метки водой до объема 100 см³, добавляли 0,6 см³ HCl (1:1), 0,05 см³ раствора сульфита натрия (100 мг/см³), 0,2 см³ 5% раствора 2-меркаптоэтанола в изопропиловом спирте и 1 см³ гексана. Полученную смесь периодически встряхивали в течение 30 мин при комнатной температуре. Отбирали 1 мкл верхнего гексанового слоя, содержащего (III) и вводили через шприцевой

инжектор хроматографа «ЭХО-В» на анализ. На полученной хроматограмме измеряли площади пика производного и по средним результатам из 5 серий строили градуировочную характеристику.

Результаты показали хорошую воспроизводимость реакции дериватизации и линейность зависимости выходного сигнала от количества определяемого вещества (коэффициент корреляции больше 0,99). Предел обнаружения (при концентрировании в 10 раз) в воде составлял 0,075 мкг/дм³. Методика обеспечивала выполнение измерений с погрешностью, не превышающей 20%, при доверительной вероятности 0,95. Предел обнаружения в донных отложениях или почве – 4 мкг/кг.

Литература

1. Savin Yu.I., Vishenkova E.M., Pasynkova E.M., Khalikov I.S. Chemical-Analytical Control of Environmental Pollution by Warfare Agents and their Degradation Products. In: A.V. Kaffka (ed), *Sea-Dumped Chemical Weapons: Aspects, Problems and Solutions*. - NATO ASI Series. 1996 – Vol.7 - p.109-118
2. Степанов А.И., Гехман А.Е., Рамендик Г.И., Нефедов В.И. Исследование взаимодействия продуктов гидролиза люизита с алкандитиолами. Росс. Хим. Журн. (Журн. Росс. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 1995, т.39, №4, с.27-30
3. Элбро Т., Дерст Д., Симак Р. Определение люизита и продуктов его разложения в пробах почв и воды с использованием пламенно-фотометрического и фотоионизационного детекторов в полевых условиях. Росс. Хим. Журн. (Журн. Росс. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 1995, т.39, №4, с.125-128

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В РАЙОНАХ НАХОЖДЕНИЯ ПОДВОДНЫХ ПОТЕНЦИАЛЬНО

ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ В ФИНСКОМ ЗАЛИВЕ И ЛАДОЖСКОМ ОЗЕРЕ ОСЕНЬЮ 2008 ГОДА

Халиков И.С., Савин Ю.И.

ГУ «НПО «Тайфун», г. ОБНИНСК, ул. ПОБЕДЫ, 4.

ТЕЛ/ФАКС (48439)71884, Е-MAIL: KHALIKOV@TYPHOON.OBNINSK.RU

**GIVEN ARE THE INVESTIGATION RESULTS ON CHEMICAL CONTAMINATION OF
THE REGIONS OF POSSIBLE SITES OF DUMPED CHEMICAL WEAPONS IN THE GULF
OF FINLAND AND LADOGA (THE LADOZHSCOE OZERO) OBTAINED IN AUTUMN
OF 2008.**

МЧС России совместно с исполнителями НП «ЦИТ», НПП «Форт XXI», ГУ «НПО «Тайфун», ВСЕГЕИ им. А.П. Карпинского, ВНИИОкеангеологии и ГУ «ГОСАКВАСПАС» организовали и провели в сентябре-октябре 2008 года две экспедиции на НИС "Ладога" и «ПСК 1562» в районах возможного затопления химического оружия в Финском заливе (ФЗ) и Ладожском озере (ЛО).

Совместно с группой сотрудников из вышеперечисленных организаций нами были отобраны 12 проб придонной воды, 13 проб поверхностной воды и 39 проб донных отложений (ДО) в Финском заливе и 13 проб придонной воды, 9 проб поверхностной воды и 20 проб ДО у островов Коневец, Хейнясенма, Кургисари (бывших полигонов испытания химического оружия) и в центральной части Ладожского озера, в районах, определенных МЧС России.

Во время экспедиции и в стационарных условиях использовали комплекс аналитического оборудования для химического анализа

акваторий: вольтамперометрический анализатор «ABA-2»; газовый хроматограф «ЭХО-В»; анализатор нефтепродуктов «INFRACAL HATR-T2»; рентгено-флуоресцентный анализатор «Spectroskan».

Пробы придонной воды и ДО, отобранных в районах ФЗ и ЛО, были проанализированы на содержание компонентов химического оружия и продуктов их трансформации. Поскольку захоронению предположительно могло подвергаться химическое оружие первого поколения с отравляющими веществами (люизит, адамсит, дифенилхлорарсин, дифенилцианарсин, арсиновое масло, иприт, хлорацетофенон) пробы предварительно анализировались методами инверсионной вольтамперометрии (ИВА) и рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) на валовое содержание мышьяка и далее методом газовой хроматографии (ГХ) на содержание компонентов химического оружия. Мышьяк, один из наиболее опасных загрязнителей, может являться надёжным «маркером» (индикатором) разгерметизации затопленных химбоеприпасов и утечки отравляющих веществ в окружающую среду.

В пробах поверхностной воды и придонной воды обследуемых районов ФЗ и ЛО содержание растворенного мышьяка, определенное методом ИВА, незначительно и составляет меньше 0,5 мкг/л и не превышает ПДК (10 мкг/л).

Методом РФА обнаружено повышенное содержание мышьяка (от 58 до 198 мг/кг) в 7 пробах ДО Финского залива. Уровень концентраций мышьяка в пробах превышает во много раз российские ОДК для почв (от 2 до 10 мг/кг). Все эти пробы, так или иначе, были связаны с присутствием железомарганцевых конкреций (ЖМК) и высокое содержание As, по-видимому, имеет природное происхождение. Содержание мышьяка в дисковидных ЖМК примерно в 2 раза выше, чем в сферических ЖМК. В других пробах ФЗ, не включающих ЖМК, содержание мышьяка в ДО незначительно и составляет от менее 8 до 20 мг/кг. Концентрация As в донных отложениях ЛО составляет от менее 8 до 12 мг/кг. Следует отметить, что низкое содержание мышьяка

характерно не только для песков, но и для алевропелитов более глубоководных районов ЛО.

На содержание иприта, α -люизита и продуктов его трансформации

β -хлорвиниларсонистой кислоты и β -хлорвиниларсиноксида был проведен анализ 12 проб придонной воды, 13 проб поверхностной воды и 39 проб ДО (слой 5 см), включающих как фоновые образцы, так и пробы, отобранные у затопленных судов в обследуемых районах ФЗ и 13 проб придонной воды и 20 проб ДО около островов Коневец, Хейнясенма, Кугрисари и в центральной части ЛО. ГХ-анализ показал отсутствие в этих пробах иприта (предел обнаружения в воде 15 нг/л, в ДО 5 мкг/кг), люизита и продуктов его трансформации (предел обнаружения в воде 75 нг/л, в ДО 4 мкг/кг). Анализ 39 проб донных отложений ФЗ и 20 проб донных отложений ЛО методом ГХ также не выявил наличие хлорацетофенона (предел обнаружения 20 мкг/кг).

Также нами был проведен анализ отобранных проб на содержание нефтепродуктов (НП), тяжелых металлов (ТМ), хлорорганических пестицидов (ХОП), фенолов и хлорфенолов методами ГХ, РФА, ИВА, инфракрасной фотометрии и сделаны следующие выводы:

- вода обследуемых районов ФЗ «устойчиво загрязнена» нефтяными углеводородами, воду ЛО можно классифицировать по НП как «мало загрязненную». Содержание НП в воде и донных осадках ЛО в несколько раз меньше по сравнению с ФЗ. Концентрация НП в 13 пробах придонной воды ЛО составила от 16 до 56 мкг/л (от 0,3 до 1,1 ПДК), в 9 пробах поверхностной воды от 14 до 34 мкг/л (от 0,3 до 0,7 ПДК). ПДК (рыб. - хоз.) нефтяных углеводородов в воде составляет 50 мкг/л. Максимальное содержание НП (1,1 ПДК) обнаружено в пробе придонной воды ЛО-08-9-BW (южная часть о. Хейнясенма). Концентрация НП в 12 пробах придонной воды ФЗ составила от 42 до 262 мкг/л (от 0,8 до 5,2 ПДК), в 13 пробах поверхностной воды от 26 до 148 мкг/л (от 0,5 до 3 ПДК). В 10 из 13 проб поверхностной воды и в 9 из 12 проб придонной воды ФЗ зафиксировано превышение допустимых норм содержания нефтепродуктов. Максимальное

содержание нефтепродуктов (5,2 ПДК) обнаружено в пробе придонной воды ФЗ-08-23-BW (о. Мощный). Повышенные уровни НП в воде отмечены в проливе Бьеркезунд, а также у затонувших судов «Гангут» и «Сибирь». Это загрязнение, по-видимому, обусловлено эксплуатацией большого количества судов, в том числе и нефтеналивных танкеров, а также сбросами углеводородов с суши и переносом их морским течением. Содержание НП в 20 пробах донных отложений ЛО составило от менее 10 мг/кг до 47 мг/кг. Максимальная концентрация нефтепродуктов в ДО (47 мг/кг) обнаружена в пробе ЛО-08-22-S (центральная часть Ладожского озера). Содержание НП в 39 пробах донных отложений ФЗ составило от менее 10 мг/кг до 653 мг/кг. Аномально высокая концентрация НП в донных отложениях (653 мг/кг) обнаружена в пробе ФЗ-08-23-S (о. Мощный). Зафиксировано несколько повышенное содержание НП в ДО пролива Бьеркезунд (от 38 до 151 мг/кг) и у затонувшего судна «Сибирь» (от 22 до 83 мг/кг). Следует отметить, что содержание НП в ДО с преобладанием песчаного материала незначительно и обычно меньше 10 мг/кг;

- показано, что концентрации ТМ в ДО районов ФЗ и ЛО различаются между собой и это связано с характером донных осадков. Донные отложения ФЗ и особенно ЛО охватывают весь спектр размерностей от глыб и валунов до алевропелитов. В обследованных районах ФЗ и ЛО, где преобладает песчано-гравийный грунт, содержание ТМ довольно низко и не превышает их средних концентраций в других крупных озерах и морях. Следует отметить повышенное содержание Pb (42 мг/кг) в пробе ЛО-08-9-S (южная часть о. Хейнясенма) по сравнению с другими пробами ЛО, которые практически не загрязнены свинцом. В нескольких пробах ФЗ обнаружены аномально высокие концентрации Fe, Mn, Pb, Zn, Cu, Ni и Co по сравнению с их фоновым уровнем. Высокое содержание Pb (82-279 мг/кг), Zn (427-932 мг/кг), Cu (152-406 мг/кг), Ni (97-425 мг/кг) и Co (53-142 мг/кг), по-видимому, связано с их накоплением в ЖМК. Нами обнаружено различие составов ТМ в дискообразных и сферических ЖМК. Соотношение Fe/Mn больше в дискообразных ЖМК и, наоборот, в сферических ЖМК. Также отмечено, что дисковидные ЖМК больше концентрируют Zn по сравнению со

сферическими ЖМК и напротив, сферические ЖМК больше накапливают Ni и Co. Следует также отметить превышение содержания Pb (124 мкг/кг) в пробе ФЗ-08-23-S (у о. Мощный), не связанной с ЖМК;

- Анализ 12 проб придонной воды и 13 проб поверхностной воды, отобранных в ФЗ, и 13 проб придонной воды и 9 проб поверхностной воды из ЛО на содержание приоритетных ХОП - (альфа-, бета- и гамма-изомеров гексахлорциклогексана; гексахлорбензола; гептахлорэпоксида; 4,4'-дихлордифенилтрихлорэтана; 2,4'-дихлордифенилтрихлорэтана; 4,4'-дихлордифенилхлорэтилена; 4,4'-дихлордифенилдихлорэтана) проводили методом ГХ. В результате проведенной работы нами не были обнаружены ХОП в воде обследуемых районов ФЗ и ЛО (ПО 0,01 мкг/л);
- С помощью разработанной нами методики для одновременного определения в воде фенола; 2-хлорфенола; 2,4-дихлорфенола; 2,4,6-трихлорфенола и пентахлорфенола был проведен анализ 6 проб придонной воды и 7 проб поверхностной воды ФЗ и 9 проб придонной воды и 5 проб поверхностной воды ЛО. Содержание хлорированных фенолов в воде обследуемых районов ФЗ и ЛО в основном ниже пределов обнаружения (0,1 мкг/л) и значительно ниже их ПДК. В пробе придонной воды ФЗ-08-11-BW (пролив Бьеркезунд) нами обнаружены следовые количества 2-хлорфенола (0,3 мкг/л) и пентахлорфенола (0,4 мкг/л), в пробе ФЗ-08-40-BW («Сибирь») найден пентахлорфенол (0,3 мкг/л). Наблюдается превышение от 1,1 до 1,8 ПДК по фенолу в 5 из 13 проб ФЗ и повышенное содержание (от 1,2 до 2,6 ПДК) по фенолу в 3 из 14 проб ЛО.

На основании результатов исследований химического загрязнения приоритетными загрязняющими веществами (НП, фенолами, ХОП, ТМ) можно сделать вывод о достаточно удовлетворительной экологической обстановке в обследуемых районах ФЗ и ЛО. Общая загрязненность ФЗ несколько больше, чем ЛО. С середины 60-х годов прошлого столетия экосистема ФЗ и ЛО в результате антропогенной нагрузки перешла от олиготрофного к мезотрофному уровню. В настоящее время наиболее опасными в экологическом отношении для районов ФЗ и ЛО являются процессы накопления НП, фенола, ТМ (в особенности Pb), эвтрофирования и возникновения сероводородных очагов.

ХИМИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ В РАЙОНАХ НАХОЖДЕНИЯ ПОДВОДНЫХ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ В РОССИЙСКОМ СЕКТОРЕ ЧЕРНОГО МОРЯ ЛЕТОМ 2009 ГОДА

Халиков И.С.⁽¹⁾, Савин Ю.И.⁽¹⁾, Пронин А.А.⁽²⁾

⁽¹⁾ГУ «НПО «Тайфун», г. Обнинск, ул. Победы, 4.

Тел/факс (48439)71884, e-mail: khalikov@typhoon.obninsk.ru

⁽²⁾ИОРАН, г. Москва, Нахимовский проспект, д. 36.

Chemical analysis of bottom water, surface water and bottom sediment samples taken in the Russian sector of the Black Sea in 2009 was made for the contents of pollutants – oil products, heavy metals, arsenic, chlorinated organic pesticides, phenol and chlorophenols.

Экосистема Чёрного моря постоянно в течение многих лет подвергается загрязнению от различных источников (сбросы биогенных веществ и токсичных металлов очистными комплексами, береговые сбросы промышленных объектов и сельского хозяйства, поверхностный и речной сток, абразия берегов, морской транспорт, трубопроводы, влияние подводных потенциально опасных объектов (ППОО) и т.п.).

Очередные работы по обследованию химического загрязнения в районах нахождения ППОО в Российском секторе Черного моря в 2009 году проводились в период с 22 июня по 10 июля с борта НИС «Ашамба» на основании Комплексного плана основных мероприятий МЧС России

на 2009 г., раздел 4, п. 47 и договора № 198/09-01 от 1 июня 2009 г. между ГУ «НПО «Тайфун» и ИО РАН.

В результате выполненных работ:

- проведен отбор 61 пробы донных отложений (ДО), 58 проб придонной воды и 15 проб поверхностной воды в районах нахождения ППОО и фоновых районах Российского сектора Черного моря (РСЧМ) от г. Туапсе до г. Анапа и в районе Таманского полуострова. Пробы отбирались сотрудниками ГУ «НПО «Тайфун», ИО РАН, «ГОСАКВАСПАС» и ФГУП «НУ «АСПТР» на станциях, определенных МЧС России и ИО РАН;
- проведен анализ отобранных проб на содержание нефтепродуктов (НП), тяжелых металлов (ТМ), мышьяка, хлорорганических пестицидов (ХОП), фенолов и хлорфенолов методами газовой хроматографии (ГХ), рентгенофлуоресцентного анализа (РФА), инверсионной вольтамперометрии (ИВА) и инфракрасной фотометрии. Во время экспедиции и работы в стационарных условиях использовали комплекс аналитического оборудования для химического анализа акваторий: анализатор вольтамперометрический «АВА-3»; анализатор нефтепродуктов «Infracal TOG/TPH Analyzer»; рентгено-флуоресцентный анализатор «Spectroskan»; газовый хроматограф «ЭХО». На основании данных химического анализа проб воды и донных отложений сделаны следующие выводы:
 - вода обследуемых районов РСЧМ «умеренно загрязнена» нефтяными углеводородами. Концентрация НП в 15 пробах поверхностной воды составила от 26 до 68 мкг/л, что равно от 0,5 до 1,4 ПДК по нефтепродуктам (ПДК рыб.-хоз. - 50 мкг/л). Из 15 проб поверхностной воды в 6 пробах было обнаружено превышение ПДК по нефтепродуктам. Все 6 проб относятся к району от Новороссийской бухты до Сукко. Максимальная концентрация НП (1,4 ПДК) в поверхностной воде обнаружена в пробе ЧМ-32-W (рядом с буксиром «Симеиз»). Концентрация НП в 58 пробах придонной воды составила от 11 до 132 мкг/л (от 0,2 до 2,6 ПДК). Зафиксировано превышение предельно допустимой концентрации в 25 пробах придонной воды из 58 проб. В 5 пробах придонной воды на выходе из Новороссийской бухты обнаружено превышение ПДК в 2-2,3 раза. В одной из проб (ЧМ-57-SW) у Таманского полуострова обнаружена максимальная концентрация

углеводородов в придонной воде (2,6 ПДК). Значение средней концентрации в воде РСЧМ составило 44 мкг/л (n=73);

- показано, что валовое содержание тяжелых металлов в ДО обследованных станций довольно низко, мало различается между собой и не превышает геохимического фона. Отмечена положительная корреляция содержания ТМ в донных отложениях с ростом глубины. В обследованных местах РСЧМ с преобладанием песчаного грунта содержание ТМ несколько ниже. По-видимому, содержание тяжелых металлов в ДО связано с долей пелитовой фракции (менее 0,01 мм), то есть концентрация изученных элементов возрастает вместе с увеличением тонкозернистости осадков по мере увеличения пелитовой фракции (в ряду гравий-пески-алевриты-алевритопелитовые илы). Согласно зарубежным системам (Норвегия, Швеция) классификации загрязненности ДО тяжелыми металлами, все пробы осадков, отобранные у ППОО и в фоновых районах, относятся к 1 классу («незагрязнены/незначительно загрязнены») и 2 классу («умеренно загрязнены»);

- концентрации Cd, Pb, Cu и Zn в пробах воды, за исключением нескольких проб, ниже ПДК этих элементов для морских вод рыбохозяйственного назначения. Содержание кадмия в 15 пробах поверхностной и 58 пробах придонной воды было ниже предела обнаружения методом ИВА (0,3 мкг/л) и ПДК (10 мкг/л). Содержание свинца в поверхностной воде составило от менее 0,2 до 1,7 мкг/л, в придонной воде от менее 0,2 до 2,7 мкг/л, что меньше ПДК (10 мкг/л). Определение концентрации меди методом ИВА показало значения от 0,5 до 3,2 мкг/л в 15 пробах поверхностной воды и от 0,4 до 14,5 мкг/л в 58 пробах придонной воды. Небольшое превышение меди (1,1 ПДК) обнаружено в пробе придонной воды ЧМ-56-SW у Таманского полуострова. Максимальная концентрация меди (2,9 ПДК) обнаружена в пробе придонной воды ЧМ-48-SW (рядом с затонувшим судном «Адмирал Нахимов»). Анализ концентрации цинка методом ИВА показал значения в 15 пробах поверхностной воды от 8,9 до 63,8 мкг/л, в 58 пробах придонной воды от 8,1 до 38,1 мкг/л.

Превышение ПДК цинка обнаружено в 3 пробах поверхностной воды и все они расположены в районе Новороссийской бухты. Максимальное содержание цинка (1,3 ПДК) обнаружено в пробе поверхностной воды ЧМ-48-W (рядом с «Адмирал Нахимов»). Следует отметить, что среднее содержание цинка в пробах поверхностной воды отобранных проб примерно в два раза выше, чем в придонной воде;

- содержание мышьяка в 15 пробах поверхностной и 58 пробах придонной воды, определенное методом ИВА, не превышает ПДК (30 мкг/л для санитарно-бытового и 10 мкг/л для рыбохозяйственного назначения) и составляет от менее 0,5 до 0,8 мкг/л в поверхностной воде и от 0,5 до 1,8 мкг/л в придонной воде.

- валовое содержание As в ДО, определенное методом РФА, составляет в большинстве случаев меньше 8 мг/кг и в нескольких пробах с более высокой долей пелитовой фракции массовая концентрация достигает 12-13 мг/кг. Согласно зарубежным системам (Норвегия, Швеция) классификации загрязненности ДО мышьяком, все пробы осадков, отобранные у ППОО и в фоновых районах, относятся к 1 классу («незагрязнены/незначительно загрязнены»);

- анализ 26 проб придонной воды и 12 проб поверхностной воды, отобранных в обследуемых районах РСЧМ, на приоритетные хлорорганические пестициды - (альфа-, бета- и гамма-изомеры гексахлорциклогексана; гексахлорбензол; гептахлорэпоксид; 4,4'-дихлордифенилтрихлорэтан; 2,4'-дихлордифенилтрихлорэтан; 4,4'-дихлордифенилхлорэтилен; 4,4'-дихлордифенилдихлорэтан) проводили методом ГХ. В результате проведенной работы нами не были обнаружены ХОП в поверхностной и придонной воде обследуемых районов Черного моря (предел обнаружения 0,01 мкг/л);

- с помощью разработанной нами методики для одновременного определения в воде фенола; 2-хлорфенола; 2,4-дихлорфенола; 2,4,6-трихлорфенола и пентахлорфенола был проведен анализ 26 проб придонной воды и 12 проб поверхностной воды в районах нахождения

ППОО и фоновых районах РСЧМ. Содержание хлорированных фенолов в воде обследуемых районов ниже предела обнаружения и значительно ниже их ПДК. В поверхностных и придонных водах в местах ППОО и фоновых районах обнаружен только фенол. Концентрация фенола изменяется в довольно широких пределах: от 0,2 до 1,7 мкг/л. Наблюдается превышение по фенолу (от 1,2 до 1,7 ПДК) в 4 пробах придонной воды из общего числа 38 проб. Максимальное содержание отмечено в следующих пробах - ЧМ-32-SW (1,2 ПДК, объект «Симеиз»); ЧМ-44-SW (1,3 ПДК, рядом с г. Туапсе); ЧМ-51-SW (1,3 ПДК, выход из Новороссийской бухты) и ЧМ-58-SW (1,7 ПДК, Керченский пролив);

- оценка качества морских вод обследованной акватории Черного моря выполнялась по показателям комплексности, устойчивости и уровня загрязненности вод. В целом результаты выполненной в 2009 г. оценки качества морских вод свидетельствуют об умеренном загрязнении НП (повторяемость превышения ПДК 42,5%, кратность превышения до 2,6 ПДК). Достаточно низкий уровень загрязнения наблюдается по содержанию цинка (повторяемость превышения 4,1%, кратность превышения до 1,3 ПДК), по содержанию меди (повторяемость превышения 2,7%, кратность превышения до 2,9 ПДК) и по содержанию фенола (повторяемость 10,5%, кратность превышения до 1,7 ПДК). Не наблюдалось загрязнения водного слоя кадмием, свинцом, мышьяком, ХОП и хлорированными фенолами.

На основании результатов исследований химического загрязнения приоритетными загрязняющими веществами (НП, фенолами, ХОП, ТМ, мышьяком) можно сделать вывод о достаточно «удовлетворительной» экологической обстановке в обследуемых районах РСЧМ.

Выявлено некоторое влияние ППОО «Адмирал Нахимов» и, по-видимому, всей Новороссийской бухты, на состояние экосистемы ближайших районов Черного моря. Поскольку загрязнение акватории и его гидрохимический фон следует рассматривать как результат взаимодействия многих гидрологических, химических и биологических процессов,

испытывающих разномасштабные временные колебания, оценку загрязнения целесообразно проводить на основе данных многолетних наблюдений.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АКВАГЕОЭКОЛОГИИ

Авилов В.И., Авилова С.Д.

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН

117997 Москва, Нахимовский пр., дом 36.

Тел/факс 8 499 124 85 09, E-mail: oav@ocean.ru

В современной науке отмечен кризис в развитии традиционных, «чистых» наук, и наоборот – прогресс междисциплинарных направлений. К одному из таких новых быстро развивающихся направлений относим аквагеоэкологию – синтез геологии и экологии в области океанологических исследований [1]. Среди факторов, сдерживающих её рост, выделяем проблему создания специальных технических средств для обеспечения достоверной информацией натурные наблюдения в аквагеоэкологии. Очень важно выбрать правильный методологический подход к решению задачи по устранению отставания в практической реализации выгод от внедрения аквагеоэкологии в изучение гидросферы планеты.

Газобиогеохимическая информация признана наиболее значимой в геоэкологии. Несоответствия между отдельными разделами технологии газобиогеохимических измерений явились предметом анализа. Здесь представлены основные направления и выводы исследований. Была проведена сравнительная эксплуатация многих пробоотборников в морских экспедициях, а также изучены другие технические средства аналогичных классов по научным публикациям и патентной литературе. Опыт работы с этими приборами показал, что отдельные недостатки существуют практически у всех типов батометров, грунтовых трубок.

Применение традиционных технических средств и методов зачастую приводило к искажению исходного состава компонентов фактически на всех этапах технологической цепочки получения газобиогеохимической информации, что подчеркивали многие ученые. Исследование погрешностей применяемых методов подтвердили, что ошибки возникают по всем элементам методики, варьируют в широких пределах от 0,05 до 10%, а на некоторых операциях достигают 10 – 80% для отдельных компонентов. Снижение погрешности метода в целом и по его элементам ставим в ряд доминирующих функциональных признаков при разработке специальных пробоотборников.

Ученый, применяющий традиционные технологии, в определенном смысле рискует. Применение пробоотборника с некоторыми дефектами для работ в области акватории с малыми градиентами изменения концентрации компонента обеспечивает исследования вполне представительными данными. Но если тот же пробоотборник попадает в зону аномальных концентраций компонента, то ошибка из-за его недостатков неизбежно возрастает и исследователь, сам того не подозревая, получает не количественные, а качественные данные. Это вызывает неопределенность и заметную трудность в интерпретации фактического материала и принятии верного решения в акваэкологии. Выход из такой ситуации виден в правильной подготовке и обслуживании пробоотборника или использовании другого, более совершенного и надежного прибора.

Становится совершенно необходимой коренная перестройка принципов построения приборов и методических приемов выполнения операций для газобиогеохимических исследований в акваториях. Разработка специальных, функционально новых технических средств является обязательным условием создания достоверной базы данных информационной системы аквагеоэкологии.

Разнообразные направления работ по разработке новой техники могут быть объединены в два главных подхода к решению этой задачи, наглядно иллюстрируемых известной методологической спиралью. Применительно к задачам аквагеоэкологии спираль трансформирована в вид, представленный на рисунке 1.

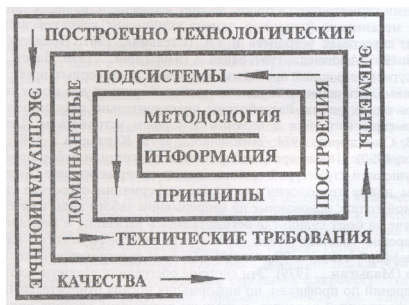


Рис. 1. Методологическая спираль последовательных этапов исследования по созданию функционально новых технических средств для газобиогеохимических исследований в океане.

Один подход объединяет работы, выполняемые по направлению от периферии к центру или ядру спирали. Он привлекает своей относительной простотой, начиная непосредственно с поиска конкретного технического решения в надежде, что оно существенно изменит всю технологию получения информации (то есть повлияет на ядро спирали) в лучшую сторону. Обычно это заканчивается

модернизацией или частичным совершенствованием имеющихся конструкций приборов. В сотнях авторских свидетельств и патентов, научно-технических публикациях основными объектами совершенствования устройств по отбору и обработке проб явились построечно-технологические элементы и эксплуатационные качества приборов, что само по себе важно. На базе известных батометров Нансена, Нискина, Ван-Дорна, прямоточной грунтовой трубки и некоторых других созданы аналогичные устройства, которые повышают надежность и удобства работы, но не меняют принцип действия. Частичная модернизация пробоотборников путем усовершенствования запирающих механизмов (например, замена конических клапанов на шаровые), спусковых устройств и прочих элементов конструкции не решила проблемы получения достоверных проб. Данный путь не обеспечил достоверности газобиогеохимической информации.

Второй подход диаметрально противоположен первому – разработку ведут от ядра спирали, как показано стрелками на рисунке. Этот путь более длителен и трудоемок, но приводит к принципиально новым положительным результатам. Характерные черты такой методологии прослеживаются в работах ведущих ученых в области океанологической техники. В результате внедрены в практику морских работ новые высокоэффективные технологии получения океанологической информации с помощью обитаемых подводных аппаратов (ОПА) и телеуправляемых аппаратов, измерительных и исследовательских систем, которые могут использоваться либо автономно, либо в виде аппаратурных комплексов. Достигнутые положительные результаты обосновали выбор второго подхода как генерального направления в нашей работе по обеспечению достоверными газобиогеохимическими данными информационную систему аквагеоэкологии.

Технические средства и методы рассматриваем в качестве единой системы, состоящей из совокупности элементов – свойств, качеств, признаков. Для получения высокоточной газобиогеохимической информации из генеральной совокупности выбираем необходимые

элементы и реализуем в специальном комплексе приборов. Для осуществления такой выборки используем концепцию функционального доминирования, основанную на изучении и выделении доминантных элементов для всех операций методики газобиогеохимических исследований. При этом методология создания технических средств и методов в акваториологии задана ходом спирали (рис. 1) от ядра к периферии, руководствуясь принципом доминирования свойств и качеств на каждом этапе разработки.

Разработка принципов построения технической системы имеет стратегическое значение в создании комплекса специальных приборов. Изучение направлено на обоснование значимости каждого принципа для обеспечения информационной системы достоверными данными, то есть, реализуем концепцию функционального доминирования. В итоге установленная сумма принципов задает технические требования конкретным конструкциям.

Процедура определения доминантных элементов технической системы предусматривает вначале рассмотрения основных её свойств, из которых в последствии делаем обоснованно выборку. Таков общий подход к выполнению поочередно, начиная от центра, операций, намеченных методологической спиралью.

Практическая реализация авторами такого подхода позволила найти оригинальные технические решения целой группы специализированных приборов, предназначенных для отбора достоверных проб морской воды и осадков в любых заданных точках океана. Новизна разработок защищена более чем 20-ю авторскими свидетельствами и патентами. Использование приборов комплекса в морских экспедициях уже сыграло свою положительную роль в развитии океанологии, привело к открытию неизвестных ранее явлений [1]. Но наука не стоит на месте. Периодически возникает потребность в создании технических средств с новыми свойствами и качествами и здесь рассмотренный методологический подход вновь будет актуален и полезен.

Литература

1. Авилов В.И., Авилова С.Д. Теоретические основы аквагеоэкологии. М.: «ВИКТАН-полиграф», 2008. 120 с.

ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ АКВАГЕОЭКОЛОГИИ

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

Создание собственной экспертной системы в аквагеоэкологии нацелено на получение достоверной оценки геоэкологического состояния экосистемы и является обязательным при разработке эффективной информационной системы аквагеоэкологии. Информационная система призвана стать надежным механизмом, реализующим цели и задачи аквагеоэкологии – достаточно самостоятельного научного направления, хотя и синтезированного на стыке экологии, геологии и океанологии.

Принципиально важное значение имеет методология оценки геоэкологического состояния экосистемы с использованием экспертных

систем, а не одного показателя. Наличие какого-либо вещества в экосистеме (например, содержание кислорода) не дает определенного ответа – возможно несколько вариантов её состояния при одном и том же количестве этого компонента. Одинаковая концентрация метана может быть найдена в разных по состоянию экосистемах и обусловлена генетически разными процессами. Поэтому в нефтегазовой геологии метан используют в комплексе с другими показателями (отношение метана к сумме тяжелых углеводородов и другое). Оценка состояния экосистемы относится к области многопараметрических задач, в решении которых более успешны экспертные системы.

Известны экспертные системы в виде критериев качества вод. К задачам аквагеоэкологии наиболее близки критерии качества природных вод, наиболее распространенных в геосистеме. Чаще всего природные воды делят на шесть классов качества. В качестве объединенного критерия используют содержание в воде нескольких наиболее распространенных, изученных компонентов (органических и неорганических соединений). Экспертной системе придана табличная форма, в которую введены как отдельные химические элементы (кислород и другие), так и обобщенный показатель целой группы органических соединений (органический углерод – Сорг) – всего более десятка показателей. Для каждого класса качества вод приведены интервалы концентрации каждого компонента.

Сложность состоит в том, что по разным параметрам, определенным одновременно в отдельной взятой пробе воды, она может быть отнесена к разным классам. Например, воду в локальной экосистеме (вполне реально в зоне апвеллинга) с активно развивающимся микробиальным сообществом и быстрым, интенсивным потреблением биогенных элементов её формально одновременно наделяют и низким (первым или вторым классом) по биогенным элементам и высоким (пятым или шестым) классом качества по Сорг. Такое формальное использование предлагаемой системы критериев иногда вводит в заблуждение о чистоте исследуемых вод и не дает понимания в познании происходящих в них процессов.

Положительная сторона системы со многими показателями заключена в обобщении и систематизации большого по объему, накопленного многими учеными фактического материала, что предопределило на строгой количественной основе деление природных вод на классы, которые по трофности приблизительно соответствуют понятиям «олиготрофные» (1 класс), «мезотрофные» (2 класс), «слабо эвтрофные» (3 класс) воды и т.д. Встает вопрос об оптимизации количества используемых показателей на различных этапах геоэкологической экспертизы, о разработке экспертных систем, то есть объединение разрозненных данных в единую систему, имеющую определенную геоэкологическую значимость.

Принцип разумной достаточности включаемой в экспертную систему информации задаёт вектор эффективности натурных наблюдений в аквагеоэкологии. Геоэкологическая информация поступает практически со всех направлений океанологии и многих разделов геологии, включая нефтегазовую геологию, геохимию газов, геофизику и другие. Вопрос заключается в том, какую информацию и в каком объеме выбрать? Прежде всего, следует из потока информации выделить и использовать только научные факты. Не всякое единичное измерение может быть признано научным фактом. Взятые изолированно и полученные случайно единицы информации не могут быть основанием для анализа и обобщения в достижении поставленной цели. Разумный отбор научных фактов определяет успешность исследования. К научным фактам относим те данные, которые находятся в действительной связи с изучаемым объектом и определенной взаимосвязи между собой. Констатируя такой научный факт, надежно детектируем существование конкретного явления.

На следующем этапе выбора достаточно необходимой информации выделяем из множества научных фактов существенные информационные признаки. Эта операция проведена на основе изучения функций биологически активных веществ в экосистеме и их классификации по степени значимости для экологической оценки в рамках разработки теории биохимического состояния природной среды.

В качестве главенствующего признака функционирования экосистемы нами введено понятие «активное живое вещество». Для характеристики этого понятия предложен количественный показатель «биомасса активных живых микроорганизмов» (БАЖМ) и обоснован метод измерения БАЖМ по содержанию АТФ [1,2].

Принцип достоверности используемой информации очень важен в выборе методов исследования для получения данных, пригодных для использования в экспертной системе. Достоверность данных является фундаментальным требованием к исходной информации для любых теоретических построений и практических выводов

В связи с достоверностью часто возникает вопрос о сроке давности данных, возможности их использования. Ответ прост – в качестве достоверной информации можно и нужно использовать только научный факт, то есть данные, отражающие свойства изучаемой экосистемы, измеренные с допустимой погрешностью.

К понятию достоверной информации относится вопрос о количественных и качественных измерениях. Оба вида измерений по-своему важны, но могут быть признаны достоверной информацией с определенными оговорками, в зависимости от их использования. Если в пробе воды зафиксировано присутствие кого-либо компонента (качественное измерение), то это является достоверной информацией о наличии определенного свойства экосистемы. Но если в пробе воды определено содержание (величина) компонента (количественное измерение), то с достаточной уверенностью можно судить о состоянии экосистемы. Количественные измерения гораздо предпочтительнее для принятия решения в аквагеоэкологии, как и во всех естественных науках. Другими словами, без количественной характеристики наблюдаемого объекта или явления невозможна ни одна наука.

Принцип достоверности информации предъявляет жесткие требования к техническим средствам и методам, применяемым при её получении. Количественные измерения сопряжены с определенными трудностями – искажение состава компонентов может возникнуть на

любой стадии метода. В связи с этим один из главных принципов построения системы приборов состоит в придании приборам свойств и качеств, практически исключающих возникновение погрешности в их работе. Выделяем основные этапы метода количественных измерений в аквагеоэкологии: спуск прибора, захват пробы, подъем прибора, хранение, обработка и перевод на анализ пробы, собственно анализ компонента. Разделяем метод на две части – аналитическую и техническую. Одна включает анализ компонентов, в другой – объединяем все остальные операции метода, выполняемые технической системой. Тогда общая погрешность метода σ_m определяется двумя причинами: искажением состава компонентов во время анализа (погрешность анализа σ_a) и при операциях в другой части метода, при всех названных взаимодействиях пробы с прибором (погрешность прибора σ_p).

Предложенное деление метода на две части открывает путь для предметного исследования приборной погрешности σ_p на каждом этапе натурных измерений. За критерий взята погрешность анализа изучаемого компонента, с ней сравниваем погрешности на остальных операциях, которые должны быть обязательно ниже. Этот подход позволяет сформулировать определение высокоточным измерениям в информационной системе на количественной основе – количественным измерением следует считать результат технологии, при которой среднюю квадратичную погрешность метода в целом будет в основном определять погрешность анализа, искажение концентрации компонента при отборе проб и в последующих операциях метода практически не допустимо. При $\sigma_p = 0,33\sigma_a$ вычисляем $\sigma_m = 1,05\sigma_a$, то есть влияние приборной погрешности ведет к увеличению ошибки метода в целом лишь на 5%. Такая точность вполне достаточна при решении практических задач по обеспечению достоверной базы данных информационной системы, адекватных современному состоянию аналитических средств и методов. Допустимая величина приборной погрешности ($\sigma_p < 0,33\sigma_a$) задаёт требование для придания необходимых качеств технической системе и обоснования направления

новых разработок, обеспечивающих экспертную систему достоверной информацией.

Литература

1. Авилов В.И., Авилова С.Д. Газобиогеохимические исследования в придонной среде акваторий // Доклады АН. 2009. Т. 427. №6. С.821-825.

2. Avilova S.D., Avilov V.I. Biological active matters as indicator of the biochemical state of environment // 9-th International symposium on environmental biogeochemistry: Abstracts. Moscow, 1989. P. 89.

ФРАКЦИОННАЯ СТРУКТУРА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БЕЛОГО МОРЯ КАК ИНДИКАТОР ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Алексеева Т.Н.

Учреждение Российской академии наук Института океанологии
им.П.П.Ширшова РАН, Москва, e-mail: tania@blackout.ru)

Lithology of bottom sediments in the White sea was studied on 49, 55, 71 and 80 expeditions onboard the RV “Professor Stokman”. Grain-size, mineralogical and geochemical analysis of the bottom sediments showed that fine-grained sediments are pollution bearer. This fact allowed to built the prognostic model of pollutants transport.

Донные осадки и условия их образования, являются одним из важнейших составных элементов геосистемы. Цель данной работы – изучение гранулометрических характеристик образцов осадков отобранных в районах Белого моря с различным гидродинамическим режимом и различной интенсивностью техногенной нагрузки. Результаты данных исследований в комплексе с обобщением опыта прошлых лет предоставляют возможность решать различного рода океанологические и экологические задачи. Материалом для изучения гранулометрического состава послужили поверхностные осадки, отобранные в 49, 55, 71 и 80 рейсах НИС «Профессор Штокман».

Установлено, что мелкозернистые отсортированные пески встречаются в прибрежных зонах, где наблюдаются интенсивные течения, связанные с общей циркуляцией вод Белого моря. Вдоль берегов, мористее располагаются мелкозернистые алевритистые пески. Алевриты, как правило, накапливаются на склонах, исключение составляют приустьевые районы. Так в приустьевой части реки Сев. Двина преобладают песчаные поверхностные донные осадки, преимущественно аллювиально-морского генезиса. В срединной части Белого моря, где гидродинамический режим ослаблен, преобладают осадки с большим содержанием пелитовых фракций. Во впадинах и глубоководных частях преобладают илы глинистые и алеврито-глинистые.

Анализ гранулометрического, минералогического и химического состава осадков Белого моря показал, что носителями загрязнения являются тонкие фракции осадков, обладающие высокой сорбционной способностью. Чем крупнее осадки и ниже скорость осадконакопления, тем лучше экологическая обстановка. Установленная закономерность позволяет строить прогностические модели переноса загрязняющих веществ и мест их концентрации.

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КАРБОНАТНОЙ СИСТЕМЫ АЭРОБНОЙ ЗОНЫ ЧЕРНОГО МОРЯ

Моисеенко О.Г., Коновалов С.К.

Морской гидрофизический институт НАН Украины

ул. Капитанская 2, г. Севастополь 99011, Украина

тел. +38 (0692) 54 52 41, факс: + 38 (0692) 55 42 53

e-mail: stable2006@list.ru

Quality check of the hydrochemical data obtained from 1932 to 1993 is conducted. The carbonate system of aerobic zone of the Black Sea is calculated on the base data passed quality check. Estimation of long-term changes of the deep-water's carbonate system for 1960 – 1993 periods is carried out. The long-term changes of pH, total alkalinity and components of the carbonate system are shown. The observed rise of TCO₂ and CO₂ concentrations, value of equilibrium pCO₂ and the drop value of pH and concentration of CO₃²⁻ in aerobic waters of the Black Sea are displayed and explained.

Карбонатная система представляет собой сумму неорганических форм углерода, является одной из важнейших составляющих общего бюджета и круговорота углерода в морской среде – одного из основных природных циклов круговорота веществ.

Состояние компонентов карбонатной системы в аэробной глубоководной части Черного моря ранее обсуждалось рядом авторов, однако, эти работы касались либо анализа отдельных компонентов карбонатной системы, либо исследований в рамках одной или нескольких экспедиций.

Целью настоящей работы являлся анализ многолетних изменений карбонатной системы аэробной зоны глубоководной части Черного моря с использованием всех имеющихся данных за период с 1932 по 1993 год.

Для определения всех компонентов карбонатной системы: диоксида углерода (CO_2), его равновесного парциального давления ($p\text{CO}_2$), концентрации карбонатных (CO_3^{2-}) и гидрокарбонатных (HCO_3^-) ионов, – использовались общая щелочность и pH и эффективные константы диссоциации угольной кислоты, рекомендованные ЮНЕСКО:

$$[\text{HCO}_3^-] = \frac{\text{Alk}}{1 + 2K_2^* / [H^+]} \quad (9)$$

$$[\text{CO}_3^{2-}] = \frac{\text{Alk}}{2 + [H^+] / K_2^*} \quad (10)$$

$$[\text{CO}_2] = \frac{\text{Alk} \cdot [H^+]}{K_1^* \cdot (1 + 2K_2^* / [H^+])} \quad (11)$$

$$p\text{CO}_2 = [\text{CO}_2] / K_0 \quad (12)$$

Для расчета карбонатной системы аэробных вод Черного моря и оценки ее многолетних изменений использовалась информация банка данных Морским гидрофизическим институтом (МГИ) НАНУ, полученная в 20 рейсах в период с 1932 по 1993 год. В работе рассматривался массив данных, в котором насчитывалось 11363 значений pH и 8569 – общей щелочности (Alk). Общее число океанографических станций, на которых проводилось определение pH и Alk, составило 2056, а их расположение представлено на рисунке 1. Как видно из рисунка, исследованиями была охвачена практически вся акватория Черного моря.

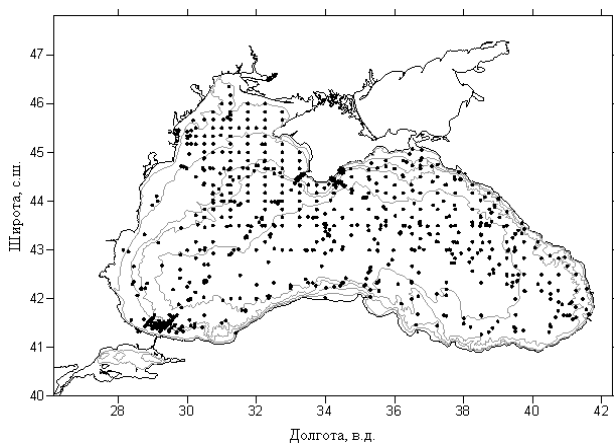


Рис.1. Местоположение станций, на которых определяли водородный показатель (pH) и общую щелочность (Alk)

В результате оценки качества данных было отбраковано 2991 значение Alk и pH с 609 станций, что составляет 15% всех натурных измерений Alk и pH, и был выделен период года (месяцы с 6-го по 9-й), для которого возможен анализ межгодовых изменений состояния карбонатной системы с наибольшей обеспеченностью натурными данными. На основе отобранных данных был произведен расчет карбонатной системы аэробной зоны глубоководной части Черного моря и произведена оценка ее межгодовых изменений.

На акватории Черного моря весь исследуемый период равновесное парциальное давление углекислого газа оставалось ниже атмосферного давления углекислого газа. Установившееся соотношение между компонентами карбонатной системы в период 60 – 90-х годов определило условия для поглощения водами Черного моря углекислого газа из атмосферы, что характерно для открытых частей морей умеренных широт. В таблице 1 представлены осредненные по

десятилетиям значения равновесного $p\text{CO}_2$ в верхнем перемешанном слое.

Таблица 1. Равновесное парциальное давление углекислого газа в поверхностных водах и приводном слое атмосферы.

годы	среднее $p\text{CO}_2$, мкатм	диапазон изменений $p\text{CO}_2$, мкатм	атмосферное $p\text{CO}_2$, мкатм
1960-е	247	140 – 338	320
1970-е	295	197 – 377	330
1980-е	320	213 – 644	340
1990-е	302	127 – 644	350

Однако, результаты анализа демонстрируют существенные изменения величин $p\text{H}$ и $p\text{CO}_2$ как по вертикали, так и при переходе от 1960-х к 1990-м годам (рис. 2).

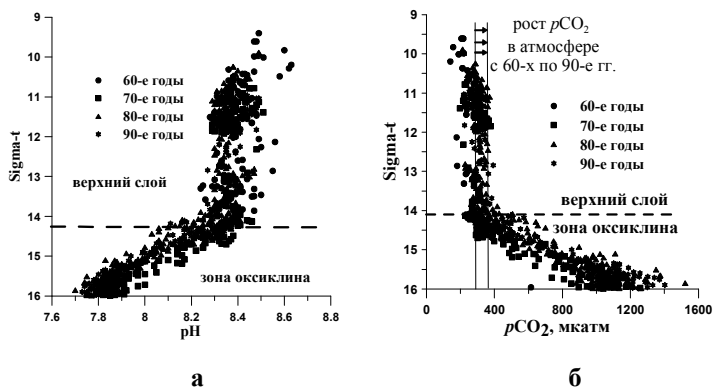


Рис. 2 Многолетние изменения водородного показателя – pH (а) и равновесного парциального давления углекислого газа (б) в морской воде.

Очевидно, что столь значительные изменения величины pH, вызванные поступлением CO_2 , должны были привести к соответствующим изменениям карбонатной системы, т.е. изменить соотношения ее компонентов. Действительно, от 1960-х к 1990-м годам установлен рост концентраций растворенного диоксида углерода на 2.4 мкмоль/кг в перемешанном слое и на 38.6 мкмоль/кг в зоне оксиклина. Последняя величина соответствует увеличению запаса CO_2 в зоне оксиклина более чем на 100%. Диссоциация угольной кислоты и понижение pH привели к увеличению концентрации гидрокарбонатного иона на 289 мкмоль/кг в зоне оксиклина. Концентрация карбонатного иона снизилась на 46 мкмоль/кг (~10%) в верхнем перемешанном слое и на 98 мкмоль/кг, т.е. более чем в 2 раза, в зоне оксиклина.

Содержание общего растворенного неорганического углерода:

$$\text{TCO}_2 = [\text{CO}_2] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}],$$

который является мерой, происходящих в карбонатной системе изменений, а его величина характеризует устойчивость карбонатных равновесий и соотношений между всеми описанными выше компонентами карбонатной системы, также увеличилось – в верхнем слое на 204 мкмоль/кг, а в зоне окислина на 230 мкмоль/кг. Согласно полученным данным рост растворенного неорганического углерода в водах поверхностного слоя Черного моря происходил очень быстрыми темпами – 6.8 мкмоль/кг в год.

Увеличение значений TCO_2 и изменение соотношений компонентов карбонатной системы, наряду с уменьшением pH и повышением равновесного $p\text{CO}_2$ и, что особенно важно, стремительные темпы изменений этих параметров за период с 60-х по 90-е годы представляют собой крайне негативные тенденции трансформации карбонатной системы вод Черного моря.

Очевидным результатом многолетних изменений состояния карбонатной системы является существенное снижение поглощающей способности Черного моря в отношении углекислого газа из атмосферы. Увеличение равновесного парциального давления в поверхностном слое с 60-х по 90-е годы привело к тому, что примерно в 2 раза уменьшилось способность Черного моря к поглощению диоксида углерода из атмосферы.

Другой крайне негативной тенденцией является уменьшение значения pH. Наиболее существенное снижение величины pH было отмечено в верхних слоях субкислородного слоя ($\sigma < 15.5$) и составила в среднем 0.15 ед.pH. Это привело к более чем 2-кратному уменьшению концентрации карбонатных ионов и значительному уменьшению степени насыщенности вод карбонатом кальция.

НЕОТЕКТЕНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ - НЕОБХОДИМОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПРИБРЕЖНОЙ ЭКОЛОГИИ

Дунаев Н.Н.

Учреждение Российской Академии наук Институт океанологии

им. П. П. Ширшова РАН, 117997 г. Москва, Нахимовский проспект 36

8-499-124-63-94, dunaev@ocean.ru

Main objective of offered theses - attraction of attention of researchers of a border zone in system a land - the sea on the big influence of neotectonic conditions on ecology Land-sea zone. The neotectonics role in a condition and biosphere functioning a Land-sea zone is considered.

Исследования природного объекта будут всегда более продуктивны, если исходить из нормативного или принятого хотя бы в рабочем порядке его определения, отражающего наиболее значимые или яркие аспекты состояния, происхождения и развития. Это позволит конкретизировать направление исследований, более целенаправленно производить сбор и обработку информации, легче намечать соответствующие актуальные задачи и пути их решения. Ещё мыслители глубокой древности утверждали, что *без отчётливой дефиниции нет науки*, а позднее Р. Декарт (1596-1650) и Р. Тарор (1861-1941) призывали уточнять понятия, чтобы избавить мир от заблуждений. Эти мысли усиливает А. Лавуазье (1743-1794), напоминающий о том, что как бы ни были достоверны факты и правильны на их основе представления, они

будут восприниматься ошибочно без точных выражений для их передачи и поддерживает А. Пуанкаре (1854-1912), по мнению которого удачное наполнение термина позволяет проследить совсем неочевидные связи, полнее увидеть характер явления и др. В последние годы дефиниция всё больше приобретает практическую и политическую актуальность, что наглядно проявляется на форумах по межгосударственному разграничению морских территорий.

К настоящему времени геолого-геоморфологическая и физико-географическая понятийно-терминологическая база в целом и применительно к морским окраинам в частности во многом дискуссионна. Судя по публикациям, утрачивается определённая даже в отношении важнейших понятий, что ведёт к терминологической запущенности. В этой связи необходимо отметить, что в данной публикации термин *прибрежье* (Land-side zone) распространяется только на морскую окраину, прослеживающуюся от берега моря до глубины начального контакта ветровых морских волн заданной обеспеченности с морским дном. Площадь территории прибрежья определяется, главным образом, геолого-геоморфологическим строением соответствующего региона, историей его развития и климатом, поэтому даже в одном регионе распределяется неравномерно. В экологическом аспекте прибрежье рассматривается как природная среда существования определенного биоса, состоящая из геологических, геоморфологических, гидрологических и других факторов, включающая в том числе геофизические поля, основные источники энергии, флюиды и поры в литологическом субстрате и др. В данном случае предметом исследования является прибрежная экология, что предполагает изучение состояния и перспектив развития не только биоты, но и влияющих на неё основных компонентов прибрежья как геосистемы - природного комплекса, взаимосвязь элементов которого позволяют ему функционировать как единому целому. В таком контексте прибрежье можно рассматривать как своеобразную экосистему, т. е. природно-территориальный комплекс (ПТК) с относительно автономной парагенетической ассоциацией биотических и абиогенных компонентов со специфическим обменом веществом и энергией. При этом

неотектоническая структура является её наиболее стабильной и долгоживущей составляющей. Проявляясь в приповерхностных горизонтах земной коры (литогенном основании экосистемы) в виде изгибов и разрывов, образующих разного рода изометричные и линейные структурные формы, она во многом определяет донный рельеф (его уклоны, перегибы, высоты и расчлененность) и выступает как «скелет» (каркас) экосистемы, придавая ей фиксированное местоположение и определенную пространственную автономность. Понимая экологию как науку о живых системах и их взаимодействии со средой обитания, необходимо отметить, что в ряду задач экологических исследований особенно актуальной является оценка состояния этой среды, ее устойчивости, характера абиотических процессов и явлений, степени комфорта для организмов. Применительно к побережью данную среду можно ассоциировать с биосферой – средой инстинктивной жизни в отличие от ноосферы – среды разумной жизни. Главное внимание, по-видимому, следует уделять изучению границ раздела компонентов экосистемы, где априори происходят наиболее ощутимые негативные для биоты изменения – это раздел сред вода – воздух и вода – дно. Основным индикатором экологических условий побережья является наличие системообразующих бентосных организмов и их состояние. Учитывая, что исследование всегда более результативно, если при этом применяется разносторонний методический подход, отметим, что в данном случае крайне необходимой является оценка неотектонических условий побережья. Неотектоническая структура играет важнейшую роль в самом существовании, особенностях строения, динамики и направленности развития последней, в контроле за переносом в ее пределах вещества и энергии. Только структура является наиболее четким критерием внутренней упорядоченности (организации) природных систем, позволяя выявлять их целостность и соответственно оконтурить потенциально опасные участки. Размерами, ориентацией и соотношением положительных, отрицательных и линейных структурных форм она предопределяет особенности гидродинамических условий и следовательно устойчивость поверхности морского дна, барьеры распространению поступающего в побережье вещества, пути транзита и гравитационных смещений придонных осадков, места их размыва,

аккумуляции, скорость накопления и распределение по механическому составу, контролирует очаги флюидов, направления экстремальных выносов речных вод, тепловые свойства донных грунтов и их аномальные температуры, проявления сейсмодислокаций и др. Наименее благоприятными в экологическом отношении являются места развития отрицательных, особенно замкнутых, структурных форм, где происходит накопление тонкого осадочного материала, являющегося, как правило, адсорбентом загрязняющих веществ. В таких местах обычно отмечаются и повышенные скорости осадконакопления, что также неблагоприятно для биоты. С неотектоническими разломами нередко связаны геопатогенные зоны, гидрохимические и гидрологические негативные аномалии, локализации вихревых геомагнитных токов, сейсмичность и др. С ними ассоциируются очаги повышенной неустойчивости в виде оплывин, блоковых и обвально-оползневых смещений и др. Прослеживающиеся на сушу структурные формы в пределах своего влияния нейтрализуют либо усугубляют эвстатический эффект, определяют развитие берегов по аккумулятивному или абразионному типу, что отражается на количестве и механическом составе поступающего в побережье осадочного материала и, следовательно, на экологических условиях. Они контролируют очертания береговой линии, степень открытости берегов к морским волнам и соответственно направленность потоков наносов. Учет неотектонического строения побережья способствует оптимальной организации рекреационных мест, марикультурного хозяйства, портостроительства, судоходства, прокладки коммуникаций, продуктопроводов и др. Известно, что неотектонические движения отличаются проявлением унаследованности как кинематически, так и по своей направленности, а часто и скорости. Это способствует более оптимальному проведению мониторинга с точки зрения грамотного расположения сетей наблюдения, позволяет более оптимистично прогнозировать развитие побережья и его экологических условий с учетом обоснованно принятой на заданный период фазы климатической квазицикличности и установленной на надежных измерительных постах тенденции изменения уровня моря. Обоснование прогноза будет более продуктивным с применением системного подхода и учетом положений

нелинейной геодинамики, согласно которой даже незначительные изменения внешнего воздействия могут способствовать нарушению стабильности системы. В таком случае легче предвидеть экологическую опасность как вероятность негативных воздействий на биоту и оценить риск как оценку степени возможной опасности и масштаба потерь при её возникновении, например, при хозяйственном освоении побережья, предусмотреть предельно допустимую нагрузку (ПДН), т. е. без ощутимого ущерба для экосистемы.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ БУХТ СЕВАСТОПОЛЯ (ЧЕРНОЕ МОРЕ)

Орехова Н.А.

Морской гидрофизический институт НАН Украины,

2, ул. Капитанская, Севастополь, 99011, Украина

тел. +3-8(067)-944-47-22, факс +3-8(0692)-55-42-53,

naorekh-2004@mail.ru

В последние десятилетия возросло количество морских экосистем с высоким уровнем эвтрофикации. Это привело к резкому ухудшению экологического состояния, в связи с исчерпанием запаса кислорода в

поверхностном слое осадков и придонном слое воды, накоплением сульфидов в слое, а иногда и на поверхности осадков или в придонном слое воды. Наиболее ярко это проявляется в прибрежных акваториях. Однако, подобные случаи (исчезновение кислорода и появление сероводорода в верхнем слое осадков) наблюдаются не только в бухтах, испытывающих значительное антропогенное влияние, вызванное стоянкой и навигацией судов, промышленным использованием и пр., т.н. «техногенное» воздействие, но и к бухтам, служащим исключительно как рекреационные зоны.

В качестве характеристики экологического состояния водных экосистем донные осадки являются наиболее объективным показателем. Процессы, протекающие в водной толще, аналогичны процессам в донных осадках, только по сравнению с водной толщей осадки являются более консервативной системой, что позволяет исследовать их вертикальный профиль, процессы, протекающие в них и на основе полученный данных делать выводы об экологическом состоянии водной экосистемы в целом.

Бухты севастопольского региона являются ярким примером бухт с различной степенью и типом антропогенной нагрузки. Так, Севастопольская бухта подвергается преимущественно техногенному воздействию. Она является зоной интенсивного судоходства, здесь расположены судоремонтные мастерские и причалы, а также ливневые стоки, которые являются дополнительным источником поступления различных загрязняющих веществ и биогенных элементов в воды бухты, способствующие накоплению органического углерода в осадках. Б. Омега служит рекреационной зоной, здесь расположен городской пляж, а также места общественного питания и развлекательные комплексы. Экологическое состояние вод этих бухт вызывает опасения не только по различным биологическим, санитарно-эпидемиологическим показателям, но и по химическим параметрам, в частности по содержанию кислорода и сероводорода.

Севастопольская бухта и б. Омега относятся к бухтам полузакрытого типа, с затрудненным водообменом, что также способствует накоплению загрязнителей.

Целью данной работы было исследование донных отложений бухт Севастопольская и Круглая на содержание в них кислорода и сероводорода, а так же глубины проникновения кислорода и глубины появления сероводорода в осадках.

Для исследования вертикального профиля кислорода и сероводорода применялся полярографический метод анализа с использованием стеклянного Au-Hg-микроэлектрода. Данный метод анализа позволяет определять вертикальное распределение кислорода и соединений серы в условиях максимально приближенных к естественным с дискретностью 1 мм.

Полученные данные позволили судить о состоянии бухт Севастополя. Для всей площади Севастопольской бухты характерно невысокое содержание кислорода в придонном слое воды и на поверхности осадка, незначительная глубина его проникновения в осадки (не более 2 мм). Сероводород, в зависимости от степени загрязненности района бухты, присутствовал либо на поверхности осадка, либо в верхнем слое. Для наиболее благоприятных районов Севастопольской бухты (район выхода из бухты, где осадки подвергаются интенсивному перемешиванию вследствие штормов и обмена вод бухты с открытой частью моря) сероводород накапливался в более глубоких слоях (ниже 10 мм).

Б. Омега, характеризовалась наличием кислорода в придонном слое воды и на поверхности донных осадков, где его концентрация была незначительна. При этом сероводород обнаруживался уже в придонном слое воды (~5 мм над поверхностью осадка) и с увеличением глубины профилирования его содержание увеличивалось.

Таким образом, по полученным данным, можно сказать, что, несмотря на различный тип антропогенной нагрузки, экосистемы

Севастопольской бухты и б. Омега испытывают значительный прессинг, и являются загрязненными.

Дальнейшее использование бухт без внимания к экологической безопасности, независимо от выполняемых функций бухты, приведет к негативным последствиям: полному исчерпанию запаса кислорода в верхнем слое донных осадков и переходу сероводорода в водную толщу, гибели бентосных сообществ. В результате это приведет к нарушению функционирования и деградации структуры экосистем, ухудшению качества прибрежных вод и снижению их рекреационного и биопродукционного потенциала, что повлияет на социально-экономические характеристики развития региона.

ЭКСПРЕСС-МОНИТОРИНГ ТОКСИКАНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИММОБИЛИЗОВАННЫХ В КРИОГЕЛЕ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА СВЕЯЩИХСЯ БАКТЕРИЙ

Исмаилов А.Д.¹, Ефременко Е.Н.², Сенько О.В.², Куц В.В.¹,

Аленина К.А.¹

¹ Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова,
биологический факультет, кафедра микробиологии, anvaris@list.ru

² Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова,
химический факультет, кафедра химической энзимологии,

Разработаны технологии получения высокостабильных биосенсоров и аналитические операции применения иммобилизованных в геле поливинилового спирта (ПВС) фотобактерий для дискретного и непрерывного биомониторинга экотоксикантов в режиме реального времени.

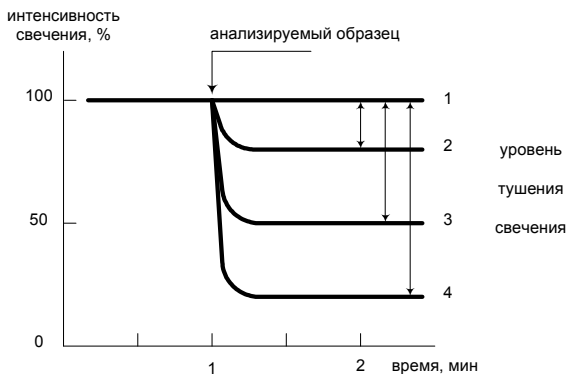
Система биомониторинга в техническом плане представляет собой комбинированный комплекс, состоящий из люминесцентного биосенсора и фотодетекторного преобразователя светового сигнала в электрический.

Исследована термоустойчивость препаратов при хранении при температурах -80°C , -20°C и 4°C . Оптимизированы физико-химические условия применения аналитических препаратов для дискретного и непрерывного биомониторинга водных экотоксикантов. Люминесцентная активность препаратов при 4°C сохранялась в течении 1 месяца. Длительность применения препаратов в режиме протока 1 сутки.

Проведен сравнительный анализ кинетики ингибирования свободных и иммобилизованных в геле клеток различными классами токсинов. Подобраны оптимальные физические и геометрические параметры биосенсора с минимальными ограничениями для диффузии токсинов.

Пороговая чувствительность свободных и иммобилизованных клеток к выбранным тушителям свечения (тяжелые металлы, хлорфенолы, алифатические и ароматические углеводороды, пестициды и гербициды) приблизительно одинакова и в целом соответствует литературным данным.

Дискретный анализ тяжелых металлов, хлорфенолов и пестицидов. Принципиальная картина биолюминесцентного ответа биосенсора при дискретном анализе представлена на рис.1.



1. Образец не токсичен (нет тушения свечения);
2. Образец малотоксичен (тушение свечения $\leq 20\%$);
3. Образец токсичен (тушение свечения $\sim 50\%$);
4. Образец сильно токсичен (тушение свечения $\geq 80\%$).

Рис.1. Биолуминесцентный ответ биосенсора на введение токсина.

В таблице представлены величины полумаксимального тушения свечения выборочными группами токсинов за 5–15 минут анализа.

Анализируемые соединения	Величина полумаксимального тушения свечения, EC_{50} , мг/л
Тяжелые металлы	
Медь	0.2–1.0
Цинк	2.0–10
Ртуть	0.05–0.2
Кадмий	20–50
Свинец	0.5–2.0
Фенолы	

2,4-дихлорфенол	1.0–5.0
2,4-диметилфенол	1.0–5.0
Пентахлорфенол	0.05–0.2
Пестициды	
Кельтан	0.1–0.6
Диазинон	0.8–2.0
Перметрин	0.2–1.0

Система мониторинга в потоке. Непрерывный биолюминесцентный мониторинг токсикантов проводили в специально сконструированной камере с проточной кюветой. Аппаратурное обеспечение включало, наряду со светорегистрирующим блоком, систему протока среды (2% NaCl или морская вода, перистальтическая помпа) и систему инъекции пробы (токсикант в маточном растворе, дозатор). Температура проточной среды поддерживалась на постоянном уровне охлаждающим термостатом. Условия протока оптимизированы на основе анализа времени тушения свечения минимальными концентрациями токсикантов, — скорость протока поддерживалась ниже скорости тушения свечения. Скорость протока — 0.5 мл/мин, время запаздывания инжестируемой пробы объемом 100 мкл — 2–5 сек, объем реактора — 1.5 мл, 1 сферическая гранула.

Схема системы непрерывного мониторинга с охлаждением представлена на рис.2.

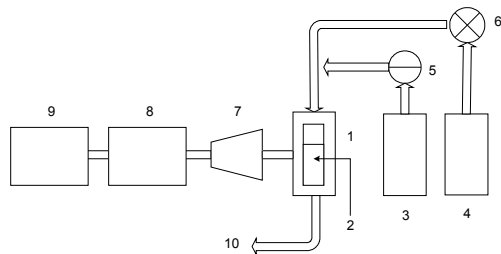


Рис. 2

1. Ячейка с гранулами иммобилизованных клеток
2. Кюветное отделение
3. Раствор токсиканта
4. Солевой раствор
5. Дозатор
6. Перистальтический насос
7. Фотодетектор
8. Электронный блок
9. Компьютер
10. Проток

Рис.2. Схема непрерывного мониторинга токсинов.

Установлено, что в режиме протока эмиссионная активность стабильна в течении суток при температуре раствора 10–20°C. Кинетический профиль тушения свечения зависит от концентрации токсиканта. Кинетика реверсии эмиссии отражает обратимость ингибиторного эффекта, хотя уровень свечения после вымывания токсиканта может не соответствовать исходному (рис.3). С ростом концентрации токсинов время релаксации увеличивается, однако даже при концентрациях ингибиторов, превышающих EC_{50} на порядок при выбранной скорости протока, сохраняется не менее 10% люминесцентной активности. Быстрое восстановление активности при отмыве ингибитора позволяет использовать один иммобилизованный препарат для многократной детекции проб.

Поскольку скорость затухания свечения незначительно зависит от состава среды инкубации гранул, биосенсор может эффективно использоваться в простых солевых растворах, что особенно важно при анализе тяжелых металлов.

На рис.3 представлена кинетика биолюминесцентного ответа в проточном режиме при инъекции возрастающих концентраций $CuSO_4$.

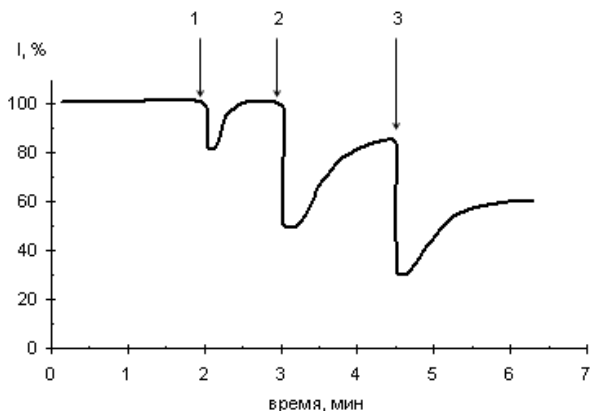


Рис.3. Кинетика биолюминесцентного ответа биосенсора в потоке.

Разработанные технологии биолюминесцентного анализа на иммобилизованных биосенсорах в дискретном и непрерывном режиме, в силу высокой чувствительности, быстродействия и стабильности, могут быть перспективны для экспресс-детекции загрязнителей в водных акваториях и промышленных стоках в режиме реального времени, а также в контроле за процессами биотрансформации и деградации токсинов.

Перспективность практического применения биосенсоров на основе фотобактерий обусловлена прежде всего высокой чувствительностью клеток к широкому спектру токсинов и экспрессностью эмиссионного ответа. Трансформация фотобактериями химической энергии в световой сигнал осуществляется на уровне, доступном для количественных измерений стандартными фотодетекторами. Эмиссионный ответ для широкого круга токсических веществ (более 200) хорошо коррелирует с реакцией стандартных биотестов на рыбах, ракообразных, простейших, — величина 50%-ного тушения свечения (EC_{50}) коррелирует с величиной LD_{50} с коэффициентами корреляции 0.8–0.95.

ПЛАНКТОННЫЕ КОЛОВРАТКИ КЕРЧЕНСКОГО ПРОЛИВА
(ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОМПЛЕКСНОЙ ЭКСПЕДИЦИИ, АВГУСТ 2008 Г.)

Свистунова Л.Д.

Южный научный центр РАН, 344006 Ростов-на Дону,
пр. Чехова 41 E-mail: ldsvis@mmbi.krinc.ru Тел. (863) 250-98-06

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.

В августе 2008 г. 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. Использовалась методика осадочного планктона (Киселев, 1956).

Одновременно на всех станциях выполнялось профилирование STD - зондом SEACAT SBE 19 и проводились метеонаблюдения: температура воздуха, влажность, сила и направление ветра и др. По

данным STD - профилирования были построены карты распределения температуры и солености воды.

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.

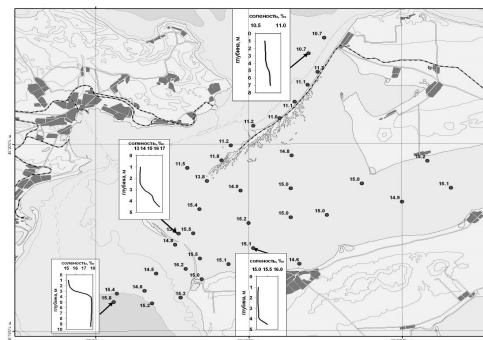
K. quadrata и *K. cochlearis* - пресно-солонатоводные виды встречались единичными экземплярами в Керченском проливе лишь у косы Чушка.

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.

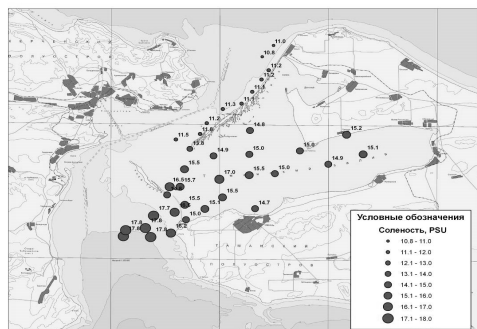
Хищная коловратка *E. ehrenbergi*, согласно литературным данным, являющаяся литоральным видом, приуроченным к водной растительности, нами была обнаружена в восточной части Таманского залива в поверхностном слое и на глубине 4,5 м. Развитие этой коловратки было достаточно интенсивным с численностью до 28 экз./л. В Азовском море данный вид отмечался Ф.Д. Мордухай - Болтовским (Мордухай-Болтовской, 1968). В более поздней литературе, данные о находках здесь *E. ehrenbergi* отсутствуют. В наших исследованиях 2005–2008 гг. в Азовском море эта коловратка наблюдалась круглогодично (включая подледный период), в том числе открытой его части, при

широких температурных колебаниях, что позволяет считать этот вид более эврибионтным.

N. squamula - вид пресных и солоноватых вод была зарегистрирована в центральной части Таманского залива в поверхностном слое в незначительных количествах.



а.



б.

Рисунок 1. Распределение солёности воды в Керченском проливе в августе 2008 г.: а. – поверхностный горизонт (профили вертикального

распределения солености на четырех станциях), б. – придонный горизонт.

Исследуемый район является зоной смешения 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 (Рис. 1). Температура воды изменялась от 26.0 до 29.4 °С, температура воздуха находилась в диапазоне от 27,7 до 31, 7°С

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*.

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.

Общая численность планктонных коловраток в исследованном районе колебалась в пределах 1–38 экз./л., в среднем 11 экз./л.

Список литературы

Киселев И. А. Методы исследования планктона // Жизнь пресных вод СССР. – М. – Л.:Изд-во АН СССР, 1956. –Т.4.ч.1.- с. 183-256.

Мордухай-Болтовской Ф.Д. Определитель фауны Черного и Азовского морей. К: Наук. думка, 1968, 1972. – Т. 1-3.

**ПРИБОРЫ И ТЕХНОЛОГИИ
ГЕОЛОГО - ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РЕСУРСНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
В ОКЕАНЕ**

СИСТЕМА ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ РАЙОНОВ РАЗРАБОТКИ МОРСКИХ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

**Ковачев С.А., Иванов В.Н., Тимашкевич Г.К.,
Лобковский Л.И., Ананьев Р.А.**

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Нахимовский
пр., 36, +7(499)1248547, +7(499)1245983, kovachev@ocean.ru

The geodynamic monitoring system designed in the P.P. Shirshov Institute of Oceanology of RAS consisted of several OBS's and using underwater cable connections to any marine oil and gas platform can be used to record signals of weak earthquakes ($M_L=0-4$) from the all region of the development of the marine oil and gas deposit. A nature of these weak earthquakes might be not tectonic and could be induced by intensive mining of oil. The system can be used to predict a strong seismic event in the investigated area.

Система геодинамического мониторинга (далее - Система), разработанная в Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН [1,2], предназначена для обнаружения землетрясений в широком диапазоне энергий (магнитуд) в районах добычи углеводородного сырья на шельфах морей и океанов, которые могут возникать из-за перераспределения пластового давления в процессе разработки залежей полезных ископаемых, а также для регистрации поведения нефтедобывающей платформы (наклоны и виброускорения главной палубы), которые так же могут возникать в процессе разработки месторождения. Первая очередь внедрения Системы –нефтегазовое месторождение им. Ю. Корчагина (Северный Каспий)., где установлена и вводится в эксплуатацию нефтедобывающая платформа, состоящая из двух модулей: рабочего - ЛСП-1 и жилого ЛСП-2.

Система конструктивно состоит из донной части, куда входят 3 блока донных сейсмографов, 9 кабельных линий длиной 500 м, 9 усилителей-ретрансляторов; и судовой части, в составе блока сбора и обработки данных, 4-х усилителей-ретрансляторов и блока наклономеров и акселерометров с соединительными кабельными линиями.

Схема размещения донных сейсмографов в районе нефтедобывающей платформы показана на рис. 1, а блок схема электрических соединений Системы представлена на рис. 2.

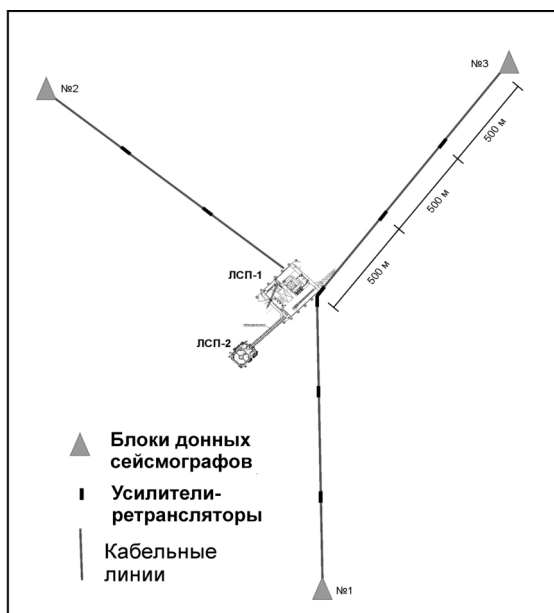


Рис. 1 Схема размещения донных сейсмографов в районе нефтедобывающей платформы на месторождении им. Ю. Корчагина

Система геодинамического мониторинга работает следующим образом. Сигналы, поступающие с 3-х компонентных сейсмоприемников и низкочастотного приемника звукового давления (гидрофона), установленных в 3-х блоках донных сейсмографов, окружающих платформу, после усиления

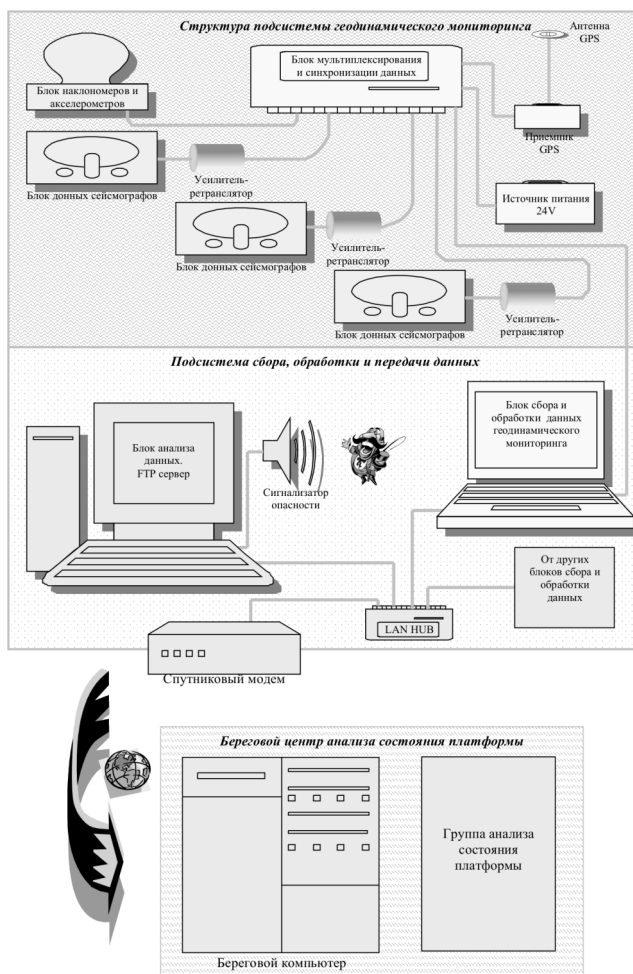


Рис. 2. Блок-схема системы геодинамического мониторинга

оцифровываются с помощью аналого-цифровых преобразователей. Сейсмоприемники преобразовывают три компонента скорости колебания морского дна в электрический сигнал. Гидрофон, в свою очередь, преобразовывает в электрический сигнал колебания придонного давления.

С помощью микропроцессоров, установленных в блоках донных сейсмографов, из полученных цифровых отсчетов формируются пакеты данных, которые через цифровые подводные кабельные каналы связи поступают на блок мультиплексирования и синхронизации, входящий в

состав блока сбора и обработки данных, установленный на ЛСП-2. Аналогичные пакеты цифровой информации формируются блоком наклономеров и акселерометров, установленным на палубе ЛСП-1. Трехкомпонентный акселерометр преобразует три компоненты колебательного ускорения главной палубы ЛСП-1 в электрический сигнал. Наклономер измеряет две компоненты наклона главной палубы ЛСП-1.

Из-за значительной протяженности донной кабельной сети для обеспечения надежной передачи цифровых данных используются блоки усилителей-ретрансляторов.

В блоке мультиплексирования и синхронизации данных из получаемых пакетов формируется информационный поток, синхронизированный с мировым универсальным временем (UTC). В блоке сбора и обработки данных производится предварительная обработка поступающей со всех датчиков информации, ее визуализация на экране дисплея и сохранение в файлах данных на жестком диске. Этим блоком также вырабатывается сигнал опасности при превышении сигналов от накломера и акселерометров заданных пороговых величин.

1. Лобковский Л.И., Зацепин А.Н., Ковачев С.А., Копелевич О.В., Островский А.Н., Флинт М.В., Монахов С.К. Технология многоуровневого экологического мониторинга в целях информационного обеспечения безопасности морской добычи нефти и газа // Технологии ТЭК. Апрель. 2007.

2. Лобковский Л.И., Зацепин А.Н., Ковачев С.А., Копелевич О.В., Островский А.Н., Розман Б.А., Флинт М.В. Использование морских буровых платформ в качестве технологических носителей в системе комплексного многоуровневого мониторинга морской среды // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2006. № 8. С. 27-32.

**ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ СЕЙСМОАКУСТИКИ
(ГЕОЛОКАЦИИ) В ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЯХ НА ШЕЛЬФАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНЫХ МОРЯХ РОССИИ**

Рыбалко А.Е., Свечников А.В., Никитин М.А., Назарова О.В.

ФГУНПП «Севморгео», Санкт-Петербург, 198095, ул. Розенштейна, д.36.

Телефон и факс (812) 252-21-12, E-mail rybalko@sevmorgeo.com

Сейсмоакустические методы являются признанным лидером при геолого-геофизических исследованиях на шельфе. В настоящее время без них невозможно представить себе ни морских геолого-съемочных работ, ни инженерно-геологических изысканий. Однако, признанным недостатком этих методов является слабое разрешение верхних слоев донных отложений, т.к. используемые частоты до 1000 Гц не позволяют в принципе получить высокое разрешение по слоям, что предопределяет пропуск отдельных слоев с акустической жесткостью меньшей, нежели вышезалегающие горизонты, а главное, резко снижает возможность интерпретации самых верхних слоев четвертичного разреза. Это с одной стороны делает затруднительным прямое сопоставление геофизических материалов и данных геологического колонкового опробования, глубина которого обычно не превышает 5 м. Между тем в последнее время

появилась настоятельная необходимость в изучении самой верхней части четвертичного разреза (ВЧР) как для обоснования результатов изысканий для подводных трубопроводов, нефтегазовых платформ и других подводных гидротехнических сооружений, а также для расширения возможностей геоэкологических исследований, глубинность которых редко превышает 1 метр. При этом принципиальное значение приобретает возможность детального послойного расчленения верхних слоев донных отложений, физические свойства которого обычно резко отличаются от подстилающих осадочных образований, а само наличие может указывать на характер и тип литодинамических процессов. Важным является и возможность выявления в толще осадков инородных объектов, в том числе и техногенной природы. Все это требует применения специальных геофизических методов, основным требованием к которым является высокая степень разрешения разреза, даже, в определенной мере, за счет потери глубинности.

В связи с этим уже в 80-е годы наметилась устойчивая тенденция к использованию высокочастотной аппаратуры с металлокерамическими излучателями, которые работали на частотах 3-7кГц. Использование их во многом позволило решить указанные выше проблемы, но при этом возникла масса ограничительных параметров. Прежде всего, они были связаны с плотностью грунта, в результате чего плотные грунты типа морены и обладающие высокой поглощающей способностью рыхлые осадки (пески) перешли в разряд «акустического фундамента». Запись существенно потеряла в своей информативности. В тоже время с их помощью удалось получить новые данные. В частности, было проведено расчленение наиболее верхних слоев донных отложений (до 10м), что позволило провести корреляцию геофизических и геологических данных, получены критерии генетического расчленения голоценовых осадков и пр.

В настоящее время на смену первым геолокаторам пришли современные высокочастотные профилографы, работающие в режиме излучения и приема сложных сигналов (ЛЧМ-сигналов). Совершенствование технических средств и технологии

высокоразрешающих сейсмических исследований шельфа в последние годы развивалось в 2-х направлениях:

- обеспечение автоматизации всего процесса геологосъемочных работ на шельфе, начиная с проектирования съемочных профилей и завершая кондиционными геологическими разрезами и картами площадного распределения донных осадков шельфа,

- обеспечение возможности повышения качества информации о донных осадках шельфа, получаемой в результате сейсмических исследований.

Первое направление связывается с получением количественных характеристик разреза донных отложений (физико-механические характеристики и гранулометрический состав). Это приводит к необходимости оценки и измерения физико-механических характеристик и решения задачи дистанционной послойной классификации разреза донных отложений. Второе направление обуславливает необходимость повышения разрешающей способности метода при достижении оптимальной глубинности исследований. Повышение качества сейсмической информации в условиях сильнорассеивающих разрезов мелководного шельфа может быть достигнуто путем применения ЛЧМ-технологии обработки сейсмической информации (использование линейно частотно модулированных сигналов) и использования приемных акустических систем со сканирующей диаграммой направленности (многоканальные направленные приемные системы). Примером такого прибора является ЛЧМ-профилограф, разработанный в ФГУНПП «Севморгео» на базе профилографа ПГ-1000. Он предназначен для изучения строения, гранулометрического состава и физико-механических характеристик слоя донного грунта мощностью 50 м с разрешающей способностью при выделении тонкой слоистости грунта 0.2 м.

Профилограф обеспечивает возможность получения количественных характеристик отдельных слоев донного грунта, к которым можно отнести:

- абсолютный коэффициент отражения слоя,
- коэффициент затухания акустической энергии в слое,
- коэффициент акустической восприимчивости слоя,
- коэффициент шероховатости слоя,
- распределение кажущейся плотности в толще донного грунта.

На основании измеренных акустических характеристик профилограф обеспечивает:

- стратификацию осадочных слоев дна с разрешающей способностью до 15 см при глубине зондирования грунта до 100 м и глубине места до 400 м;
- послойное определение коэффициента отражения и других акустических характеристик донных осадков;
- автоматическую классификацию грунта на четыре гранулометрических класса – илы, глины, пески, грубообломочные отложения (скальный грунт);
- автоматическое измерение текущей глубины места;
- формирование массивов измеренных глубин слоев с указанием типа грунта и привязкой к текущим координатам, поступающим от приемоиндикатора GPS, необходимых для составления грунтовых карт и разрезов донного грунта;
- архивирование и воспроизведение первичной информации рабочих галсов.

С помощью указанного профилографа было проведено расчленение разреза послеледниковых отложений в Финском заливе, выявлены зоны выхода плейстоценовых отложений в зонах конседиментационных поднятий, которые не были выражены в рельефе морского дна, локализованы зоны с нахождением инородных тел в толще сложно построенных верхнечетвертичных отложений в зоне проектируемого Северо-Европейского газопровода в российской части Финского залива (рис.1,2). Использование профилографа также позволило установить обширные зоны подводной абразии на дне Белого моря, выявить и проследить эрозионные каналы на глубинах более 50м в Балтийском море, выявить зоны выходов газофлюидов в пределах перспективных участков на нефть и газ в Карском море. При проведении геоэкологических работ с помощью ЛЧМ-профилографа было проведено районирование морского дна и выделены зоны с максимальным темпом

седиментации, что имеет первоочередное значение для формирования федеральной сети мониторинга.

Таким образом, использование ЛЧМ-профилографов открывает широкие возможности в картировании четвертичных отложений и донных осадков, проведении инженерно-геологических изысканий, выполнении геоэкологических исследований.

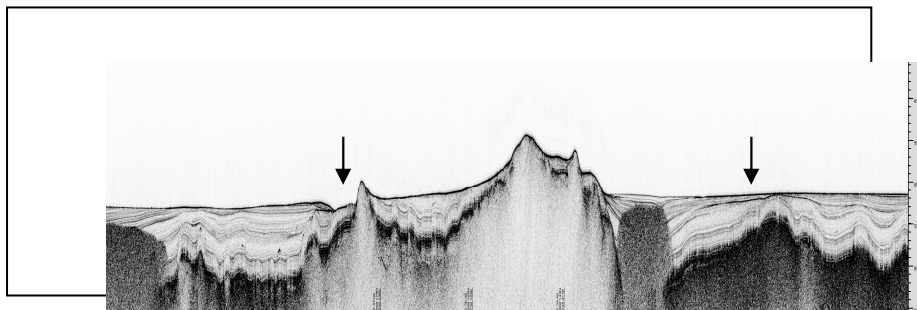


Рис. 1. Сейсмограмма сложно расчлененного участка с обширным развитием абразионных поверхностей (стрелки).

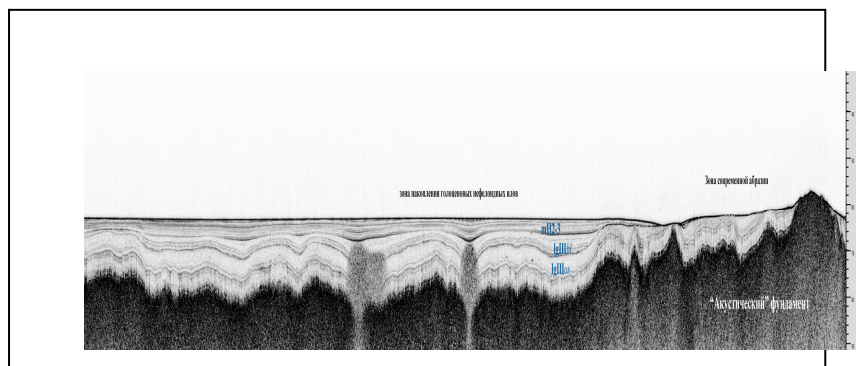


Рис.2. Сейсмограмма зоны активного накопления морских
нефелоидных осадков

**ПОДВОДНАЯ ФОТОГРАФИЯ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ
КОБАЛЬТОМАРГАНЦЕВЫХ КОРОК ГАЙОТОВ**

Жулёва Е.В.

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,

Москва, 117997, Нахимовский проспект, 36;

факс: (095) 124-59-83; e-mail: lenageo@rambler.ru

Underwater photography is the effective method of the bottom's cobaltmanganese crusts study. The photoprofiling of the Magellan seamounts system's guyots permit to obtain important conclusions about the morphology and the prevalence of this mineral.

Подводная фотография представляет собой важный метод рекогносцировочных, поисковых и специальных исследований полезных ископаемых, экспонированных на донной поверхности. Одним из видов таких образований являются кобальтомарганцевые корки (КМК), широко распространенные на гайотах Тихого океана.

Исследование КМК гайотов методом подводной фотографии было проведено во время 9-го рейса нис «Академик Мстислав Келдыш» Института океанологии РАН на Магеллановых горах, расположенных в западной части Тихого океана. Система Магеллановых гор образована гайотами, вершины которых лежат на глубинах 800-1500м, а подножье – на глубинах 5600-6100м. Фотографирование проводилось буксируемой подводной фотоустановкой ПФ-69 путем фотопрофилирования. Под фотопрофилированием понимается подводное фотографирование по протяженным галсам в регулярном временном режиме, сопровождаемое эхолотной записью и навигационной привязкой (Жулёва, 1987). На склоне гайота ИОАН на глубинах от 1670м до 2600м было сделано 42 снимка, на склоне гайота Ита-Майтаи на глубинах от 2400м до 3500м – 58 снимков. На склоне гайота ИОАН был получен фотопрофиль длиной около 2300м, на склоне гайота Ита-Майтаи – длиной около 5000м. Анализ полученных фотопрофилей позволил обнаружить КМК на склонах исследованных гайотов и изучить их визуально и морфометрически. На глубинах, превышающих 2000м, фотографирование буксируемой фотоустановкой явилось единственным методом, позволившим зафиксировать существование КМК.

В ходе дешифрирования крупномасштабных подводных снимков были установлены мощности КМК, фациальные обстановки их локализации, смена различных типов КМК в связи с изменением батиметрических и морфологических характеристик склонов. КМК развиты на породах фундамента в любом их фациальном проявлении: от обширных поверхностей, сложенных коренными базальтами, до развалов эдафогенного материала различного размера. Фациальные условия залегания КМК на исследованном участке склона гайота ИОАН являются благоприятными для активного рудообразования. Обнаруженные на глубинах более 2500м КМК гайота Ита-Майтаи выходят за батиметрическую границу современной зоны рудонакопления и принадлежат древней генерации. Регистрация глубоководных КМК значительно расширяет область их действительного распространения и фактические запасы на гайотах Магеллановых гор.

В настоящее время готовится заявка в Международный орган по морскому делу ООН с целью закрепления за Россией наиболее перспективных на КМК гайотов Магеллановых подводных гор. Это связано с высоким ресурсным фондом сухой рудной массы на опоискованных объектах и достаточной степенью их изученности (Андреев, 2007).

К достоинствам метода подводной фотографии при исследовании КМК относится то, что фотосъемка может производиться с различных типов аппаратов-носителей в зависимости от поставленных задач. В том случае, если необходимо исследовать обширные либо глубоководные пространства донной поверхности эффективным является фотографирование с буксируемых и телеуправляемых аппаратов. Возможности фиксировать места отбора образцов КМК и выбирать наиболее интересные и показательные объекты фотосъемки, непосредственно на взгляд исследователя, появляются при работе с подводных обитаемых аппаратов.

Сильно расширяются исследовательские возможности метода подводной фотографии при проведении площадной фотосъемки по системе заранее запланированных вдольсклоновых галсов. В этом случае для некоторого участка донной поверхности могут быть построены специальные карты, отражающие ареалы распространения КМК, либо их различных типов и образований различной мощности. Такие карты в совокупности с материалами геологического опробования могут стать серьезной основой на этапе выбора места и разработки способов добычи полезного ископаемого.

Дальнейшее развитие способов проведения подводной фотосъемки и совершенствование методологии дешифрирования подводных фотографий и интерпретации его результатов будет способствовать решению задач, связанных с исследованием уже известных отложений КМК, выявлением поисковых критериев их распространения на склонах гайотов и прогнозированием новых рудопроявлений.

Литература

1. *Андреев С.И.* Минеральные ресурсы Мирового океана: перспективы изучения и освоения // Геология морей и океанов: Материалы XVII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т. II. – М.:2007. С. 85-87.
2. *Жулёва Е.В.* Подводное фотопрофилирование при геолого-геоморфологическом изучении подводной горы Верчелли (Тирренское море) // Океанология. 1987. Т. XXVII. Вып. 5. С. 808-815.

О ПРИРОДЕ «ОКОН ПРОЗРАЧНОСТИ» В ШИРОКОПОЛОСНОМ СПЕКТРЕ ДОННЫХ МИКРОСЕЙСМ

Левченко Д.Г.¹, Левченко В.Д.²

1. Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,

E-mail: levch35@mail.ru

2. Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша, РАН,

E-mail: lev@keldysh.ru

Микросейсмы регистрируются в широком частотном диапазоне и являются естественным фоном, который определяет порог чувствительности как донных, так и наземных сейсмографов. Микросейсмы изучаются более 120 лет однако многие явления,

связанные с ними, до сих пор не нашли своего объяснения. В частности, в широкополосном спектре донных микросейсм (0,003 — 20 Гц) имеются устойчивые по частоте минимумы, так называемые «окна прозрачности», природа которых до конца не выяснена. Эти устойчивые области (около 0,02 — 0,1 Гц на низких частотах и 5 -12 Гц на высоких) были обнаружены в середине 1980-х годов и используются сейсмологами для регистрации на дне сигналов от слабых и удаленных землетрясений. Не нашел также своего объяснения феномен, состоящий в том, что в области «окон прозрачности» наблюдается повышенный уровень сигналов от землетрясений [1, 2].

В соответствие с существующими теориями (Лонге-Хиггинс, Хассельман, Бреховских и др.) основным источником микросейсм являются стоячие морские гравитационные волны, образующиеся в районах развитых циклонов. Поэтому частоты максимумов спектров микросейсм и морских волн относятся примерно как два к одному. Однако, если частота последних существенно меняется по мере развития шторма, то частота максимума спектра микросейсм практически остается постоянной. Не объясняют известные теории также причин существования и устойчивости «окон прозрачности». На рис.1 изображены широкополосные спектры микросейсм, измеренные разными способами и в разных условиях: на континенте (Agnew, Kip-Peterson), на дне океана (PFO) и в донной скважине (OSN-1). Все спектры имеют устойчивый максимум на частоте около 0,2 Гц и резкий спад на частотах ниже 0,1 Гц. Низкочастотное «окно прозрачности» донных микросейсм значительно уже, чем наземных. От максимума в сторону высоких частот наблюдается плавное снижение уровня спектра примерно до 5 — 12 Гц.

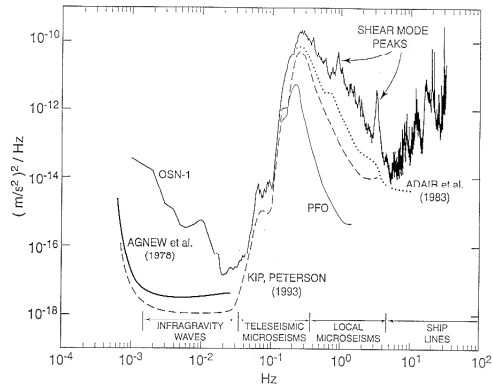


Рис. 1

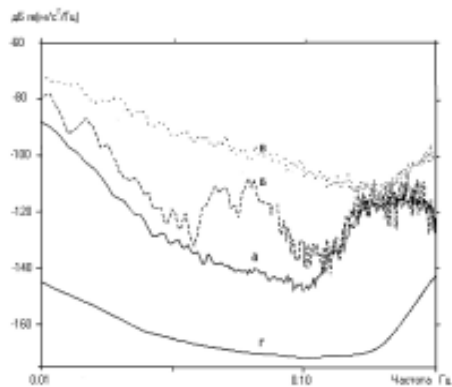


Рис.2

По нашему мнению устойчивость максимума спектра микросейсм, наличие низкочастотного «окна прозрачности», особенности спектров при их измерениях на дне, на суше и в толще воды можно объяснить рассматривая распространение микросейсм по океаническим волноводам упругое дно — поверхность воды в районах абиссальных

равнин. Как известно обширные области океанов (до 70%) представляют собой абиссальные равнины со средней глубиной около 4 км, достаточно плоским и однородным дном. Мелкими неровностями дна и водной поверхности для рассматриваемых длин волн 150 — 10 км, а также потерями в воде и дне на таких низких частотах можно пренебречь. В подобном волноводе распространяются два вида полей: дискретное в виде мод высших порядков, преимущественно в водной среде, и непрерывное — в упругом пространстве дна (нулевая мода). Дискретное поле может распространяться только на частотах выше критической $F_{кр}(l)$, зависящей от глубины акватории H , номера моды l и параметров среды.

$$F_{кр}(l) = \frac{c}{2H(1 - c^2/c_{1S}^2)^{1/2}} \left[l - \frac{1}{\pi} \arctg \frac{\rho_1 (c_{1S}^2/c^2 - 1)^{1/2}}{\rho (1 - c_{1S}^2/c_{1P}^2)^{1/2}} \right] \quad (1)$$

Для расчета взяты параметры обобщенной скоростной модели Тихого океана. Глубина 4 км, плотности воды и дна ρ и ρ_1 - 1000 кг/м³ и 2500 кг/м³, скорости продольных волн c и c_{1P} - 1500 км/с и 6500 км/с, поперечных волн c_{1S} - 3700 км/с. Результаты вычислений приведены в таблице.

Номер моды l :	1	2	3	4
$F_{кр}$ (Тихий океан, $H = 4$ км)	0,103	0,307	0,512	0,713

Как следует из таблицы нижняя критическая частота волновода для Тихого океана составляет около 0,1 Гц, что практически совпадает с экспериментами.

На рис.2 представлен спектр удаленного (10 тыс. км) Гималайского землетрясения записанного с помощью широкополосного донного сейсмографа ИО РАН 19 октября 1991 г. в центральной Атлантике. Следует отметить, что максимальный уровень сигнала находится в окне прозрачности. Это явление можно объяснить следующим образом. Средняя глубина океана в 4 км на данных частотах составляет ¼ длины

волны в воде. Волна давления при распространении от дна и обратно задерживается по фазе на $\pi/2$ и переворачивается по фазе на $\pi/2$ при отражении от свободной поверхности, т.е. суммируется на дне. Поле микросейсм, падающее сверху, отражается от дна без поворота фазы и вычитается на поверхности. На других частотах такое явление не наблюдается.

Рассмотрим процессы, происходящие в области высокочастотного «окна прозрачности» (5 — 12 Гц). Как показывают эксперименты, устойчивость этого окна и усиление сейсмических сигналов в нем не зависят от глубины акватории. Наличие резонансных явлений при распространении акустического поля в слое обводненных донных осадков отмечено в ряде отечественных и зарубежных публикаций последних лет [2, 3]. Рассмотрим простую модель, состоящую из водного слоя глубиной $H \gg \lambda$, слоя обводненных осадков толщиной $h_1 \approx \lambda$ и нижнего упругого полупространства. Полагаем, что поля сигналов землетрясений и микросейсм плоские и распространяются перпендикулярно дну, что близко к реальности. При этом не происходит взаимной трансформации продольных и поперечных волн на границах слоев. Запишем выражения для коэффициентов передачи продольной волны снизу ко дну и штормовых микросейсм сверху с учетом слоя осадков [2].

$$K_P = 4[(1 + \alpha_d)(1 + \alpha_0) \exp(j\beta_1 + \beta_2) + (1 - \alpha_d)(1 - \alpha_0) \exp(-j\beta_1 - \beta_2)]^{-1}$$

$$K_{P_{uu}} = \frac{2(\alpha_0 + 1)\alpha_d \exp(j\beta_1 + \beta_2)}{(1 + \alpha_d)(1 + \alpha_0) \exp(j\beta_1 + \beta_2) + (1 - \alpha_d)(1 - \alpha_0) \exp(-j\beta_1 - \beta_2)} \quad (2)$$

Здесь параметры α_d и α_0 - отношение волновых сопротивлений водной среды, слоя осадков и основания, параметры $\beta_1 = 2\pi h_1/\lambda$ и β_2 определяют соответственно задержку во времени и затухание волны в слое осадков толщиной h_1 .

Анализ показывает, что для всех $\beta_1 = \pi(2n - 1)/2$ и $\beta_2 = \pi(2n - 1)$, ($n = 1, 2, \dots$), модули выражений (2) принимают экстремальные значения.

При этом максимумы $|K_p|$ соответствуют минимумам $|K_{pш}|$ и наоборот. Это соотношение сохраняется при любых значениях β_1 , т.е. для любой толщины слоя осадков. Численные расчеты показали, что для большинства параметров реальной среды $|K_p|$ может существенно превышать единицу (до ≈ 10), $|K_{pш}|$ всегда меньше единицы.

Для уточнения теоретических результатов было проведено полномасштабное численное моделирование распространения сейсмоакустических полей по океаническому волноводу и континентальному склону с упругим дном. Использовались сеточные модели. В процессе моделирования решалась система линейных дифференциальных уравнений второй степени в частных производных с правой частью. Решение находилось во временной области. Учитывались инерционные свойства и затухание в среде. При моделировании распространения микросейсм в заданном диапазоне частот горизонтальные расстояния должны составлять сотни и тысячи километров при расчетной глубине массива около 100 км и разрешении в десятки метров по пространству и десятки миллисекунд по времени. Размерность модели при этом составляет около 10^{11} . Это потребовало применения высокопроизводительной вычислительной системы, состоящей из двух восьмиядерных процессоров, и специального быстродействующего локально-рекурсивного асинхронного параллельного алгоритма, что позволило увеличить быстродействие в 1000 раз по сравнению с современными PC и известной программой типа «Tesseral» [4].

Были построены мгновенные картины распространения полей микросейсм в заданных сечениях среды в последовательные моменты времени. Построены частотные спектры микросейсм и синтетические сейсмограммы для ряда характерных точек среды (поверхности и дна акватории, поверхности суши). Исследовались влияние несущей частоты, наклона диаграммы направленности источника, крутизны континентального склона. Рассматривался модовый состав полей микросейсм в волновode. Результаты моделирования подтвердили и позволили уточнить теоретические выводы.

Литература:

1.Webb S.C. The equilibrium oceanic microseism spectrum// JASA, 1992, v. 92, № 4, p.2141-2157.

2.Левченко Д.Г. Влияние обводненного слоя осадков на регистрацию сейсмических сигналов донным сейсмографом// Океанология, 2006, т. 46, № 5, с.783-794.

3.Godin O.A., Chapman D.M.F. Shear-speed gradients and ocean seismo-acoustic noise resonances // JASA, 1999, v. 106, № 5, p. 2367-2382.

4.Левченко В.Д. Асинхронные алгоритмы как способ достижения высокой эффективности вычислений// Информ. технол. и вычисл. системы, 2006, № 1, с. 1-25.

АВТОНОМНЫЕ ДОННЫЕ СЕЙСМОГРАФЫ

И ОБСЕРВАТОРИИ ДЛЯ ДЛИТЕЛЬНОГО МОНИТОРИНГА АКВАТОРИЙ

**Левченко Д.Г.¹, Лобковский Л.И.¹, Башилов И.П.², Леденев В.В.³,
Ильин И.А.³, Зубко Ю.Н.³, Суконкин С.Я.³**

Москва, Россия: ¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 117997, Нахимовский пр., д.36, levch35@mail.ru; ²Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта, 123995, ул. Б. Грузинская, д.10,

³ОКБ океанологической техники РАН, 109387, Летняя ул. д. 1/2

Введение

При изучении Мирового океана в настоящее время наблюдается тенденция постепенного перехода от преимущественно экспедиционных методов исследований с помощью научно-исследовательских судов и спутниковых наблюдений к созданию непрерывно действующих систем мониторинга с помощью донных и притопленных автономных станций, плавающих и заякоренных буюв. Становится все более очевидным, что для выяснения состояния океанической среды во всем ее единстве и многообразии необходимо получение длительных синхронных рядов наблюдений многих параметров непосредственно в толще воды и на дне. Только таким образом можно выявить корреляционные связи между различными факторами, разделить климатические, сезонные и спонтанные их вариации. Получение таких массивов информации ранее требовало концентрации значительных усилий больших коллективов ученых разных стран в течение ряда лет (традиционные геофизические годы). В настоящее время появились технические условия для автоматизации получения подобной комплексной информации с помощью автономных геофизических станций.

С другой стороны, развитие современной измерительной техники и морских технологий приводит к выводу, что создание узкоспециализированных морских измерительных приборов неэффективно. Это связано с тем, что основную стоимость таких приборов составляют не датчики и электроника, а так называемые носители, т.е. системы обеспечения постановки и функционирования аппаратуры в водной среде, а также судовое время, необходимое для доставки аппаратуры в нужный район Мирового океана. Это обстоятельство диктует необходимость разработки комплексных океанических приборов для одновременного измерения многих параметров. Такие приборы получили название морских обсерваторий.

Другой чрезвычайно важной современной проблемой является создание морской сейсмологической сети. Сейсмология традиционно развивалась как наука о землетрясениях на суше. В настоящее время создана развитая сейсмологическая сеть, охватывающая практически все

континенты. В то же время свыше 80% всех землетрясений происходит под дном океанов и морей. Однако стационарных морских сейсмографов, приближающихся по параметрам к наземным, до настоящего времени не имеется. Наземные сейсмографы регистрируют сигналы удаленных морских землетрясений с существенными искажениями, а сигналы слабых землетрясений не регистрируются вовсе. Актуальной проблемой современной сейсмологии является краткосрочное прогнозирование морских землетрясений и цунами. Огромный экономический ущерб, гибель людей заставляют совершенствовать и искать новые методы и технические средства, позволяющие повысить эффективность краткосрочных прогнозов. Одним из перспективных методов прогноза является регистрация состава придонных вод в районе ожидаемого сильного морского землетрясения.

В настоящее время наблюдается тенденция разработки межнациональных проектов создания стационарных систем из нескольких подводных станций, подключаемых к единой электрооптоволоконной линии связи большой протяженности. В качестве примера назовем некоторые современные проекты.

1. Европейская сеть морских обсерваторий (ESONET) предназначена для длительного мониторинга параметров водной среды в области геофизики, химии, биологии и рыбоводства. Сеть должна окружать Европейский континент вдоль побережья от Арктического бассейна до Черного моря. Общая длина сети должна составлять свыше 5000 км и состоять из 11 региональных частей. Донные обсерватории должны подключаться с помощью подводных герметичных разъемов. Стоимость подводной сети ориентировочно оценивается в 130-220 млн евро.

2. Совместная США и Канады тихоокеанская сеть донных обсерваторий у западного побережья Северной Америки около о. Ванкувер (NEPTUN). Сеть протяженностью 800 км должна содержать 5 донных обсерваторий.

3. Японская кабельная сеть донных обсерваторий (ARENA), должна располагаться тремя линиями вдоль Японских островов со стороны Тихого океана.

Необходимо отметить, что эти проекты охватывают только относительно близкие к берегу акватории (до 500 км), рассчитаны на длительный срок реализации и требуют больших затрат на эксплуатацию, ремонт и модернизацию донных обсерваторий.

В связи с отсутствием в настоящее время кабельных морских геофизических сетей для решения различных задач используются в основном автономные донные станции, большинство которых составляют донные сейсмографы (АДСС). Не решая всех сейсмологических задач, АДСС, тем не менее, имеют ряд преимуществ по сравнению со стационарной сетью. Их высокая мобильность позволяет быстро разворачивать сеть станций практически в любом интересующем районе Мирового океана. Конфигурация полигона может быть выбрана в соответствии с конкретными задачами и имеющимся оборудованием. Состав аппаратуры и ее параметры могут меняться перед каждой постановкой. Наконец, стоимость АДСС примерно на порядок ниже стоимости кабельной стационарной станции. Автономные донные сейсмостанции имеются в ряде развитых стран (США, Россия, Япония, Германия, Франция), однако по основным параметрам они, как правило, значительно уступают лучшим наземным образцам.

В 1996 -1998 годах в Институте океанологии РАН по договору с МЧС России была разработана донная обсерватория, предназначенная для проведения комплексных гидрофизических и гидрохимических измерений в придонном слое с целью регистрации краткосрочных предвестников сильных морских землетрясений. Обсерватория позволяет производить измерение, регистрацию и оперативную передачу по радиоканалу связи ряда параметров водной среды: температуры, давления, скорости течений, количества водородных ионов (рН), электропроводности, скорости звука в воде, спектра прозрачности видимого диапазона длин волн. Обсерватория должна устанавливаться на дне или над дном в местах предполагаемых выходов из разломов земной коры газов или других растворенных в воде веществ, могущих быть предвестниками сильных землетрясений. В октябре 1997 г. станция успешно прошла натурные испытания в Авачинской бухте Камчатки и была передана в опытную эксплуатацию. Была осуществлена пробная передача оперативных данных через сеть INTERNET непосредственно с Камчатки (Камчатская опытно-методическая сейсмологическая партия) в

Москву (ИО РАН). По ряду основных параметров (применение акустооптического спектрометра, автономность работы, способ передачи информации по радиоканалу) станция не имеет аналогов в мировой практике.

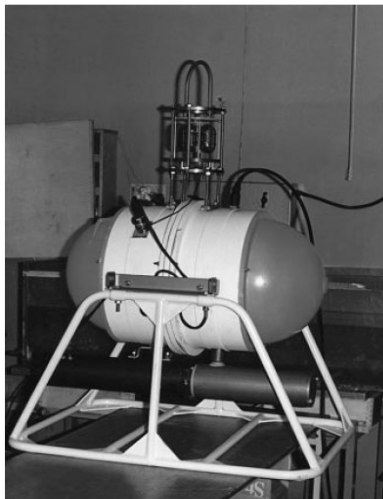


Рис.1. Внешний вид приборного корпуса обсерватории ИО РАН

В 1998 – 2000 гг. была разработана и испытана комплексная донная обсерватория Опытного-конструкторского бюро океанической техники РАН по контракту с Министерством науки и технологий РФ. Обсерватория содержала трехкомпонентный сейсмограф, измерительный гидрофон, измерители температуры и электропроводности воды, статического давления, скорости и направления течений, магнитометр постоянного поля, модуль контроля радиоактивного загрязнения, спектроанализатор видимого диапазона длин волн. Обсерватория могла работать как с кабелем, так и в автономном режиме. Летом 2000 года эта обсерватория была установлена на дно Черного моря вблизи г. Геленджика в кабельном режиме функционирования. Морские испытания прошли успешно. Опыт этих работ положен в основу создаваемой совместно с Индией комплексной обсерваторией с оперативной передачей информации.



Рис.2 Внешний вид подводного комплекса обсерватории ИФЗ РАН
и ОКБ ОТ РАН

В качестве другого примера можно привести разработку ОКБ океанологической техники РАН в 2005 - 2007 гг. геофизической обсерватории с участием и по заказу Института физики Земли РАН. Обсерватория содержит подводный гидрофизический и наземный сейсмологический комплексы, соединенные кабелем, наземный широкополосный сейсмограф, наземный обрабатывающий комплекс и стендовое оборудование. Подводный комплекс предназначен для обеспечения сейсмологического мониторинга в акваториях, изучения гидрофизических процессов в придонном слое, на континентальных склонах и шельфе океана, для исследований природных и антропогенных экологических ситуаций в морских акваториях и прибрежных зонах.

ПРОГРАММА РАСЧЕТА СТАТИКИ ПОДВОДНЫХ

ТРОСОВЫХ СИСТЕМ

Зарецкий А.В.

Институт океанологии им.П.П.Ширшова РАН,
117997, Москва, Нахимовский проспект д.36,
тел.: (095) 129-2745, e-mail: zaretsky@ocean.ru

Программа расчета статики предназначена для определения пространственной конфигурации подводных объектов, содержащих гибкие связи (троса, буйрепы, кабели и т.п.) - подводных тросовых систем (ПТС). Традиционными видами ПТС являются заякоренные буйковые станции, буксируемые системы.

Для формализации расчетов ПТС рассматривается как система абсолютно твердых тел с голономными идеальными связями. Гибкая связь при этом аппроксимируется шарнирно-сочлененным многозвенником. Используемый метод расчета основан на определении ориентации каждого тела в отдельности на основе аксиомы освобождаемости от связи с учетом граничных условий с последующей компоновкой в исходную конфигурацию по геометрическим уравнениям связи (структурной матрице) при использовании условий неразрывности.

Представляемая программа является компонентой разрабатываемого автором в течение ряда лет пакета прикладных программ «Подводная механика». Эта компонента позволяет определять форму и натяжение тросовой системы в вертикальной плоскости для двух классов объектов – буксируемых и заякоренных (закрепленных) систем.

В классе буксируемых систем выделяются основные варианты буксировки:

- Буксировка тяжелого объекта на тяжелом тросе
- Буксировка легкого (с положительной плавучестью) объекта на тяжелом тросе

- В классе закрепленных систем можно выделить аналогичные комбинации: тяжелый (легкий) трос + тяжелый (легкий) объект.

[illegible]

На рисунке изображены результаты расчета простейшего варианта ПТС: формы и натяжения буксирной линии для тяжелых троса и буксируемого аппарата. При проведении вычислений этого варианта задаются следующие параметры: длина троса, диаметр троса, число

звеньев троса, масса троса, нормальный и касательный коэффициенты гидродинамического сопротивления троса, эффективная площадь мидель-сечения и плавучесть буксируемого тела, скорость буксировки и др. Вычисляемыми значениями здесь являются следующие: заглубление и отстояние от буксировщика буксируемого тела, угол наклона от поверхности моря и натяжение коренного конца буксирной линии. Точность расчетов определяется правильностью подбора коэффициентов гидродинамического сопротивления троса и буксируемого тела, определения степени «увеличения» диаметра троса за счет струмминга (вибрации троса) и ряда других параметров.

Конфигурацию любой незамкнутой ПТС со структурой «дерева» для рассмотренных классов можно рассчитать аналогичным образом с помощью данной программы, komponуя конфигурацию из отдельных составляющих её участков «гибкая связь + твердое тело».

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКОГО ГБО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ И РЕЛЬЕФА МОРСКОГО ДНА

Кривцов А.П., Смольянинов И.В.

ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН,

141190, Московская обл., г. Фрязино, пл. Введенского, д. 1,

тел. 8 (496) 565-24-51 E-mail: krivtsov_a@list.ru

Some questions of using interferometric side-scan sonars for remote sounding and research of a relief of a sea-bottom are considered.

В настоящее время при проведении гидрографических работ для получения акустического изображения и рельефа морского дна применяются различные типы многолучевых эхолотов и интерферометрических гидролокаторов бокового обзора (ГБО). Если многолучевые эхолоты представляют собой довольно сложные и дорогостоящие комплексы, состоящие из большого числа приемных элементов, то в составе обзорного интерферометрического ГБО содержатся только две или три антенны по каждому борту, что значительно упрощает и удешевляет гидролокационную систему.

Современные интерферометрические ГБО имеют цифровую систему формирования, обработки и регистрации сигналов. Для работы на небольших глубинах обычно используются тональные зондирующие импульсы, а при глубоководных исследованиях – ЛЧМ зондирующие сигналы, сочетающие в себе высокий энергетический потенциал с высоким временным разрешением. При использовании коротких тональных посылок либо ЛЧМ сигналов с большой базой разрешение по наклонной дальности может достигать долей сантиметра. Разрешающая способность по углу (азимуту) определяется шириной диаграммы направленности приемопередающей антенны вдоль линии движения носителя ГБО и составляет около 1° . При обработке измерений этих комплексов дополнительно привлекаются данные спутниковой системы навигации GPS/DGPS, измерения профиля скорости звука в воде, а также данные датчиков крена, дифферента и вертикальных перемещений носителя ГБО.

В режиме обзора для получения акустического изображения донной поверхности, поиска малоразмерных предметов и деталей рельефа обычно используются данные одного из каналов по каждому борту. Построение цифровой модели рельефа выполняется по данным как минимум двух каналов. Вычисление рельефа в интерферометрических ГБО основано на предположении о том, что на заданной дальности присутствует сигнал только с одного направления. Определение угла прихода эхо-сигнала осуществляется посредством измерения интерферометрической фазы, вычисляемой по произведению пары комплексно-сопряженных отсчетов сигнала двух каналов интерферометра. Глубина и горизонтальная дальность элемента отражения в приборной системе координат находятся по наклонной дальности и измеренному углу прихода сигнала. При наличии данных от датчиков крена, дифферента и вертикальных смещений корректируются искажения измерений, вызванные качкой носителя ГБО. Проводится коррекция глубин с учетом профиля скорости звука в воде. На заключительном этапе выполняется выкладка полученных данных на планшет в какой-либо картографической проекции.

Кроме основных этапов обработки дополнительно проводятся калибровочные измерения по определению параметров установки антенн гидролокационного комплекса на судно-носитель ГБО.

К недостаткам присущим интерферометрическим ГБО следует, прежде всего, отнести погрешности в вычислениях рельефа возникающие из-за одновременного присутствия эхо-сигналов с нескольких направлений (проблема “вертикальных стенок”). Такая ситуация наблюдается при локации донной поверхности с сильно пересеченным рельефом. Применение интерферометров с большой базой может привести к возникновению ошибок при определении наклона рельефа на угол кратный ширине интерферометрического лепестка. Погрешности этого типа обычно выявляются и устраняются на этапе выкладки данных на планшет. Их также можно избежать путем предварительного расчета рельефа по данным интерферометра с малой

базой, а большую базу использовать для уточнения уже вычисленного рельефа.

В качестве иллюстрации на рис.1 и рис.2 приведены акустическое изображение и фазограмма участка морского дна на экране монитора интерферометрического ГБО. На рис. 3 представлено синтезированное для этого участка изображение рельефа донной поверхности. Размер участка 450 на 560 метров. Средняя глубина около 110 метров. Измерения были выполнены в Балтийском море гидролокатором бокового обзора с разрешающей способностью по дальности 0.075 м. Частота излучаемого сигнала – 85 кГц, тип зондирующего сигнала – ЛЧМ.

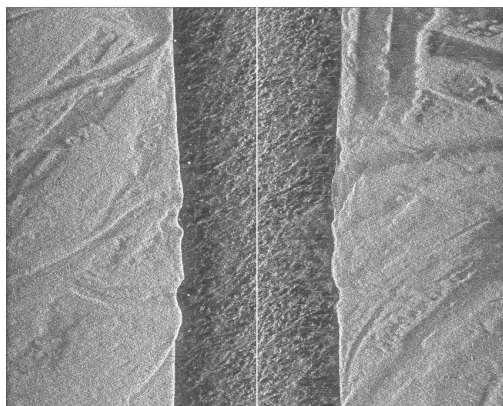


Рис. 1. Акустическое изображение участка морского дна.

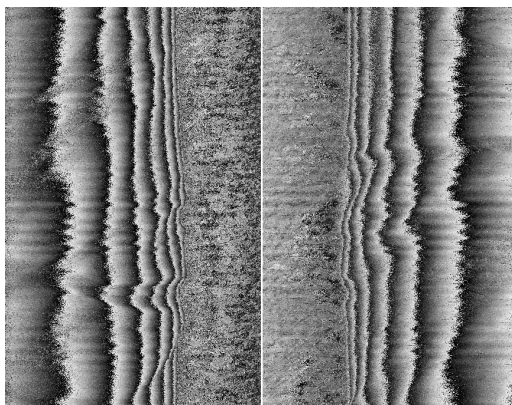


Рис. 2. Фазограмма участка морского дна.

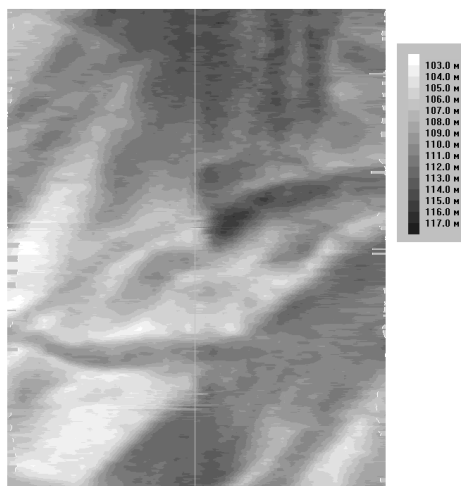


Рис. 3. Рельеф участка морского дна.

В экспедиции одновременно с ГБО проводились гидрографические работы с использованием многолучевого эхолота SeaBat 8111, что предоставило удобную возможность сравнить результаты работы того и другого инструментов. В докладе проведено сопоставление и анализ обоих массивов батиметрических измерений на предмет точности соответствия друг другу получаемых данных. По результатам анализа уточнены возможности применения интерферометрического ГБО для измерений рельефа при инженерных изысканиях.

КАЛИБРОВКА ВЫСОКОТОЧНОГО СПУТНИКОВОГО РАДИОВЫСОТОМЕРА ПО ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИМ ИЗМЕРЕНИЯМ УРОВНЯ МОРЯ IN-SITU

Мельников В.А.

Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН; Россия, 117997, г.
Москва, Нахимовский проспект, 36;. тел.: +7 499 1246383; факс: +7 499
1246383; e-mail: VMelnikov@Ocean.Ru

New oceanographic measurement complex for precise sea level determination with the aim to calibrate satellite altimeter is considered. It is shown, that combined data with the use of RTK GPS-equipped buoys, hydrophysical probe (CTD and currents), coastal sea level gauge near GPS base station allow to estimate sea level with the required accuracy.

При помощи новой спутниковой геодезической системы России третьего поколения предполагается решать многочисленные задачи геодезии, навигации, геодинамики, геофизики и океанографии. В состав спутникового измерительного комплекса войдет высокоточный радиовысотомер (ВРВ), предназначенный для измерений уровня моря. Во многих задачах современной океанологии необходимо знать положение уровенной поверхности моря с большой точностью. Например, в измерениях уровня моря при помощи спутниковых альтиметров, установленных на спутниках Topex/Poseidon и Jason-1, была достигнута среднеквадратичная погрешность 2,4 см.

Как показывает мировой опыт аналогичных работ, для первичной калибровки ВРВ и последующего контроля дрейфа точности необходимы независимые измерения уровня моря *in situ*. В качестве нового средства метрологического обеспечения планируется «Полигон калибровки ВРВ», включающий в себя сеть из 9 морских буйковых станций, береговую базовую станцию, оснащенные приемной аппаратурой ГЛОНАСС/GPS, береговой уровнемер, а также инструментальные средства гидрофизического и метеорологического мониторинга акватории Полигона и окрестности влияния гидрофизических и метеорологических факторов. Задача комплекса средств океанологического обеспечения состоит в определении уровня

моря (надлежащим образом осреднённой поверхности) на акватории Полигона относительно береговой базовой станции в режиме реального времени, с точностью до первых сантиметров.

Суть методики калибровки ВРВ заключается в определении разности между высотой уровня моря, измеренной при помощи ВРВ, и уровнем, измеренном *in-situ*, синхронно с пролётом спутниковой платформы над Полигоном. Для этого, уровенная поверхность определяется на основе данных высокоточных (по технологии RTK GPS) позиционирований при помощи спутниковых навигационно-измерительных модулей, установленных на автономных буйковых станциях относительно базовой береговой станции, которая «привязана» к эллипсоиду относительности в заданной системе координат ПЗ-90. Быстрые колебания уровня моря, обусловленные поверхностными гравитационными волнами, исключаются посредством низкочастотной фильтрации. Временной ход уровня моря, вследствие низкочастотных составляющих спектра, начиная от обертонов приливов с периодами $T \geq 1$ часа, устраняется при помощи высокочастотной фильтрации и моделей низкочастотных гидрофизических процессов. Параметры фильтров по пространству и времени подбираются исходя из структурных и спектральных свойств полей поверхностных волн и приливов на Полигоне. При помощи гидрофизического измерительного комплекса, включающего в себя датчики давления, температуры, электропроводности, скорости течений морской воды (измерительный комплекс Midas ECM), определяется текущая относительная «динамическая» уровенная поверхность моря. Сравнение уровня моря, полученного по данным RTK GPS позиционирований на буйковых станциях, «динамического» уровня, вычисленного по гидрологическим данным, уровня по данным берегового уровнемера, установленного вблизи береговой базовой станции, позволяет оценить погрешность в измерениях ВРВ.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОДВОДНОГО АППАРАТА TSL ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лелюх Н.Н., Щербатюк А.Ф., Бабак Л.Н., Борейко Д.Я.

Институт проблем морских технологий ДВО РАН, г.Владивосток,
ул.Суханова, 5-а, тел./факс: (4232)432416, e-mail: n_llel@mail.ru

Использование необитаемых подводных аппаратов (ПА) с установленной на борту специализированной аппаратурой является важным направлением при проведении морских экологических исследований. В ИПМТ ДВО РАН разрабатываются подводные роботы для ведения экологического мониторинга на шельфе. Одним из таких аппаратов является полуавтономный ПА TSL.

ПА TSL представляет собой самоходный объект, оснащенный связью с обеспечивающим судном по легкому одножильному оптоволоконному кабелю диаметром 2 мм. Данный ПА был разработан в 1994 году и затем несколько раз реконструирован. Он предназначен для выполнения обзорно-поисковых работ на глубине до 200 метров. Масса подводного аппарата равна 320 кг, диаметр корпуса - 533 мм и длина - 3030 мм, автономность работы при скорости хода 1.2 м/с составляет 10 часов, максимальная длина оптоволоконного кабеля – 5 км [1]. В настоящее время в состав робота входят бортовая система управления, обеспечивающая произвольные движения аппарата, включая зависание, комплексная навигационная система, позволяющая определять местоположение и ориентацию на основе спутниковой, гидроакустической и бортовой навигационных систем. Эти особенности

аппарата позволяют в реальном режиме времени выбирать заданную траекторию движения робота, а также получать информацию с датчиков и приборов с координатной привязкой. Аппарат оснащен цветными видеокамерой и цифровой фотокамерой, ориентированной вертикально вниз.

Экологические исследования, проводимые с помощью ПА TSL, включают в себя исследование параметров водной среды, бентосных сообществ и донных ландшафтов. Параметры среды оцениваются по данным ПА TSL, поступающим от датчиков проводимости, температуры и флуорометра-мутномера FLNTU, который одновременно измеряет и хлорофилл «а», и мутность воды (используется нефелометрический метод). Прибор FLNTU предназначен для измерения концентрации хлорофилла «а» в диапазоне от 0,01 до 50 мкг/л, а мутности — в диапазоне от 0,01 до 25 NTU. За время движения аппарата данные по глубине погружения, высоте над дном, температуре, содержанию хлорофилла и мутности записываются в бортовой компьютер для последующей обработки. Эти данные используются для анализа изменений, происходящих, как в водной толще, так и в фитопланктонном сообществе.

При морских экологических исследованиях большое значение имеют оценка распределения и плотности поселения донных гидробионтов, изучение динамики численности видов, а также расчет запасов и продукции бентосных животных. Поэтому остановимся подробнее на работах, проводимых с помощью ПА TSL, для исследования донных сообществ.

Первые работы по количественному анализу макробентоса с помощью подводного аппарата TSL проведены в октябре 2000 г. в бухте Новик (о. Русский) в заливе Петра Великого Японского моря, когда отработывалась методика проведения съемки на небольших глубинах и способы обработки данных. Исследования проводились с помощью съемок с подводного аппарата и водолазным методом. По проложенному фалу с разметкой 1 м было получено 128 снимков с подводного аппарата и параллельно 40 снимков цифровой фотокамерой

с помощью водолаза. В обоих случаях оценивалась площадь захвата фотоснимком дна, где в качестве ориентиров были проложены по фалу квадратные металлические рамки со сторонами 1 м и 0,5 м. Плотность поселения гидробионтов, входящих в бентосные сообщества, изучалась на хорошо определяемых видах, различимых на снимках. Для отработки методик количественного анализа были выбраны наиболее массовые виды в этом районе: звезды амурская обыкновенная и гребешковая патирия, еж невооруженный шаровидный и гигантская мидия. Была оценена плотность поселения указанных гидробионтов в пересчете на 1 м². Статистическое сравнение средних плотностей поселения исследуемых видов, полученных по съемкам с подводного аппарата и с помощью водолазного метода, не выявило достоверных различий на уровне значимости 0,01 [2]. Хорошее соответствие расчетных данных обоими способами позволило рекомендовать разработанную технологию для исследования донных сообществ. Также была рассчитана общая численность и биомасса животных на обследуемых площадях и оценена их роль в донных биоценозах.

В дальнейшем работы, проведенные совместно с ТИНРО-Центром в летне-осенний период 2001 г., позволили сделать оценку распределения макробентоса на более обширных акваториях и глубинах до 80 м в зал. Петра Великого. В результате были получены данные по плотности поселения и размерам актиний, кукумарии и гастроподам с площади от 600 м² до 1700 м² и глубинам, в основном, около 40 м. [3]. В последующих работах была использована цветная видеокамера с высоким разрешением, что значительно повысило качество получаемой для анализа информации. Работы по обследованию дна с применением цветной фотокамеры, установленной на ПА TSL, выполнялись совместно с ТИНРО-Центром в период с 31 августа по 17 октября 2002 г. с целью поиска скоплений донных гидробионтов в заливе Петра Великого. Исследуемые сообщества донных гидробионтов были представлены моллюсками, иглокожими, ракообразными, водорослями и морскими травами. Одним из объектов исследования являлись скопления трепанга на анфельции в районе пролива Старка и бухты Иванцева. Съемки в августе - сентябре позволили обнаружить лишь отдельные экземпляры

трепанга на пласте анфельции. Съёмки в середине октября выявили значительное увеличение числа особей трепанга на поле анфельции. Другим объектом исследования являлись скопления кукумарии. Результаты съёмки подтвердили факт миграции кукумарии в течение сезона. В некоторых районах визуально были отмечены аномалии в развитии амурских звезд (количество лучей больше пяти). Также были проведены оценки плотности поселения особей для скопления трепанга на поле анфельции и для скопления кукумарии. [4].

Начиная с 2003 г. в ИПМТ ДВО РАН проводятся совместные регулярные работы с Институтом биологии моря ДВО РАН по оценке распределения бентосных гидробионтов, видового состава сообществ и характеристики грунтов в зал. Восток и в районе Дальневосточного государственного морского заповедника [5]. Следует отметить, что использование подводных роботов для исследования морских донных экосистем в заповедных акваториях имеет большую перспективу, так как позволяет вести мониторинг на больших площадях и глубинах без ущерба для гидробионтов и их среды обитания.

В настоящее время используется следующая методика исследования донных сообществ с помощью подводного аппарата TSL. При выполнении работ ПА движется по заданной трансекте и выполняет съёмку с выбранным в зависимости от глубины погружения периодом. Результаты работы записываются в бортовой компьютер для последующей обработки специализированной программой ImReader. Программа ImReader выводит на экран фотографии места съёмки, дату и параметры съёмки, размер отснятой области дна, меню для внесения в базу данных дополнительной качественной и количественной информации по макробентосу и донным ландшафтам, а также формирует базу данных в формате Microsoft Access, что делает ее доступной для использования в пакете программ ArcGIS или других для отображения точек съёмки на географической карте.

Расчет плотности поселения донных объектов выполняется на основе обработки последовательности цифровых изображений. Подсчитывается количество особей определенного вида гидробионтов в каждом кадре. На основе полученных данных рассчитывается плотность поселения каждого вида на единицу площади. Биомасса особей в кадре

определяется на основании измерения размера каждой особи по имеющейся в кадре специальной световой масштабной сетке и затем рассчитывается по зависимости массы от длины особи, которая определяется предварительно на основании имеющихся данных. Результаты расчетов заносятся в специализированную базу данных.

Таким образом, использование ПА TSL позволяет эффективно исследовать характеристики водной среды за счет применения датчиков и приборов, работающих in-situ, адекватно оценивать состояние донных сообществ, а также, повысить точность картографирования получаемой информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дулепов В.И., Щербатюк А.Ф. Современные технические средства в подводных экологических исследованиях. Владивосток: Дальнаука, 2008. 164 с.
2. Дулепов В.И., Щербатюк А.Ф. Технология экологического мониторинга прибрежных акваторий с помощью подводных роботов // Экологические системы и приборы. М.: Научтехиздат, 2001. №6. С.18-22.
3. Щербатюк А.Ф., Ваулин Ю.В., Якубова Л.С., Явнов С.В. Использование подводного аппарата TSL для поиска скоплений, оценки видового состава и численности донных гидробионтов на шельфе // Морские технологии. Вып.5. Владивосток: Дальнаука, 2003. С.32-43.
4. В.И. Дулепов, Н.Н. Лелюх, Л.Н. Бабак, Ю.В.Ваулин, А.Ф.Щербатюк. О применении необитаемых подводных аппаратов для исследования водных экосистем // Подводные технологии. 2005. №1. С. 59-67.
5. Адрианов А.В., Тарасов В.Г., Щербатюк А.Ф. Применение и перспективы сезонного видеомониторинга на особо охраняемых морских акваториях залива Петра Великого (Японское море) // Вестник ДВО РАН, 2005. №1. С.19-26.

**СВЕРХДЕТАЛЬНАЯ СЪЕМКА ГЛУБОКОВОДНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНА С ПОМОЩЬЮ МОБИЛЬНОГО
УЗКОЛУЧЕВОГО ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ПРОФИЛОГРАФА
«SES-2000 DEEP»**

**Левченко О.В.¹, Маринова Ю.Г.¹, Мерклин Л.Р.¹, Мурдмаа И.О.¹, Хюмбс
П.²**

¹ Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН
117997, Москва, Нахимовский проспект, 36

Тел: (499) 1248540, Факс: (499) 1245983, E-mail: olevses@rambler.ru

²Innomar Technologie GmbH

Schutower Ringstrasse 4 D-18069 Rostock Germany

Тел.: +49 (0) 381 44079-0, Факс: +49 (0) 381 44079-299, E-mail:
info@innomar.com

В последнее десятилетие основной целью исследований, проводимых Лабораторией сейсмостратиграфии Института океанологии им.П.П.Ширшова РАН, является совершенствование методики высокоразрешающего сейсмоакустического профилирования донных осадков для решения как фундаментальных проблем геологии морей и океанов, так и прикладных инженерных задач промышленного освоения шельфа морей России. За рубежом подобная методика, получившая широкое развитие в практике исследований дна акваторий, известна как

«VHR (very high resolution) seismic reflection profiling». С 2000 г. лаборатория сейсмостратиграфии сотрудничает с компанией «Innomar Technologie GmbH», которая производит уникальные супервысокоразрешающие акустические системы SES (Sediment Echo Sounder) для профилирования морских осадков с высоким разрешением отдельных слоев мощностью до 5 см. Семейство профилографов SES включает различные модели, которые позволяют изучать структуру донных отложений в широком диапазоне глубин водоемов, начиная с 1 м. Новая модель «SES-2000 deer» предназначена для работ в океане до глубин 6000 м.

Весной 2009 г. в 26-м рейсе НИС «Академик Сергей Вавилов» комплекс новой аппаратуры «SES-2000 deer» был испытан с целью получения принципиально новой информации о детальном строении глубоководных донных отложений Атлантического океана до максимальных глубин и, в целом, для решения задач седиментологической интерпретации сейсмоакустических профилей в глубоководных районах Мирового океана. Испытания нового профилографа «SES-2000 deer» актуальны еще и потому, что возраст профилографов «Парасаунд», установленных на НИС «Академик Сергей Вавилов» и «Академик Иоффе», превышает 20 лет, в течение которых аппаратура выработала свои технические ресурсы и морально устарела. Одновременно в рейсе решалась более общая методическая задача, связанная с методикой проведения попутных геофизических (сейсмоакустических) исследований во время регулярных перегонных трансатлантических рейсов НИС «Академик Сергей Вавилов» и «Академик Иоффе», два раза в год эти суда пересекают Атлантику – осенью из Европы в Антарктиду и весной обратно. Это открывает широкие возможности для систематического изучения строения донных осадков Атлантического океана с мобильными высокоразрешающими системами сейсмоакустического профилирования. Они могут устанавливаться в имеющейся судовой акустической шахте, но эта методика и технология подобных работ пока не разработана. В 26-м рейсе НИС «Академик Сергей Вавилов» по маршруту движения впервые выполнена подобная съемка с помощью прибора, установленного в судовой акустической шахте.

В более широком научном плане, экспедиция проводилась с целью получения кондиционных данных высокоразрешающего сейсмоакустического профилирования по всему маршруту для глобальных исследований тонкой структуры донных океанских отложений, их фацальной изменчивости и реконструкции палеоокеанологических обстановок осадконакопления путём сопоставления этих данных с результатами глубоководного бурения

DSDP и ODP и геологического опробования грунтовыми трубками. Многие из этих скважин лежат близко к стандартному маршруту регулярных перегонных рейсов НИС «Академик Сергей Вавилов» и «Академик Иоффе» через Атлантический океан. Это дает уникальную возможность использования таких рейсов для создания необходимой базы высокоразрешающих сейсмоакустических данных и создает предпосылки для создания глобального проекта комплексных исследований процессов осадкообразования в Атлантике и реконструкции палеоокеанологических и палеоклиматических событий недавнего геологического прошлого. Маршрут 26-го рейса был скорректирован так, чтобы пересечь максимально возможное количество имеющихся в Атлантическом океане скважин глубоководного бурения (потенциально 30 скважин). Хорошо изученные разрезы этих скважин должны лечь в основу литолого-фациальной и стратиграфической интерпретации полученных сейсмоакустических профилей.

При проведении съемки с профилографом «SES-2000 deer» в 26-м рейсе НИС «Академик Сергей Вавилов» устойчивый сигнал регистрировался на скоростях судна до 5 узлов. На более высоких скоростях наблюдался высокий уровень шумов, соответственно низкое отношение сигнал/помеха, обусловленный наличием воздушных пузырьков под антенной, которые препятствуют распространению высокочастотных акустических волн вплоть до полного «гашения» сигналов. Попадая в шахту, эти пузырьки воздуха образуют естественный экран. Только в Иберийской котловине после пересечения хребта Горриндж единственный раз за весь рейс удалось поработать с профилографом «SES-2000 deer» не снижая скорости судна по маршруту (в тот момент 8 узлов). Это объясняется благоприятным соотношением направления ветра и океанской зыби и курсом судна, когда в шахте не образовывались интенсивные акустические помехи из-за попадания туда пузырьков воздуха. Уровень шума, регистрируемого антенной профилографа, велся непрерывно и эта ситуация сразу же была отмечена вахтенным.

Отмеченная проблема не является конструктивной особенностью профилографа «SES-2000 deer», а обусловлена использовавшейся в рейсе конструкцией крепления антенны в шахте, а конкретнее недостаточным заглублением антенны из-за угрозы ее потери. Из-за конусообразной формы нижней части шахты антенна оставалась примерно на 1 м выше днища судна. Если погрузить антенну ниже днища, удливив конструкцию примерно на 2 м, то этот эффект можно устранить и получать нормального качества записи на скорости 10 узлов. Нами рассмотрены и другие технические решения этой проблемы.

Непосредственно в 26-м рейсе этого сделать было нельзя, но соответствующий проект для следующего рейса нами готовится.

Из-за этих технических сложностей вместо непрерывной съемки по всему маршруту судна работы с профилографом «SES-2000 deer» были выполнены на 27 коротких профилях в выбранных районах, включая 15

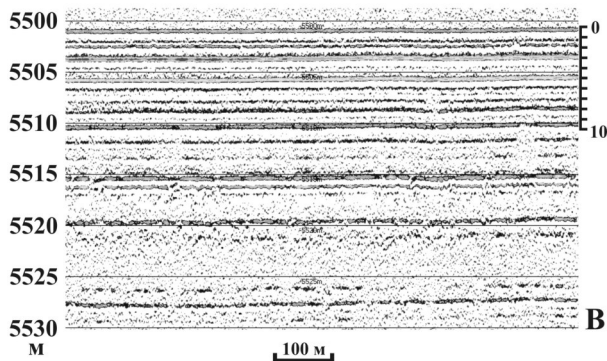
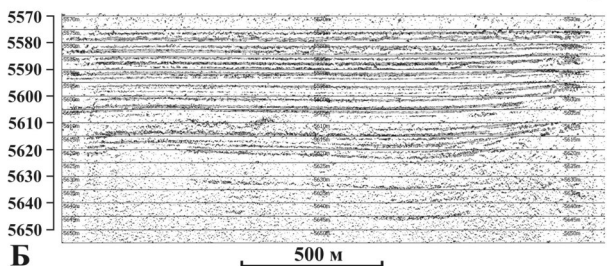
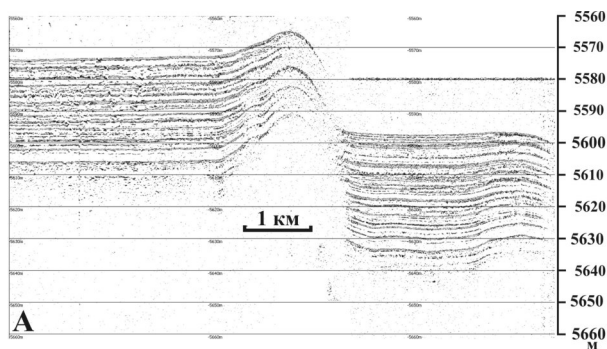


Рис. 1. Профили SES (вторичная частота 5 кГц) в Бразильской котловине. А – съемка в рейсе на максимальной глубине воды порядка 5 600 м , где проникновение составило 40 м; Б – максимальное проникновение в осадки 70 м под дном при глубине воды 5 575 м; В – максимальное разрешение до 40 см при глубине воды 5 500 м.

скважин глубоководного бурения DSDP и ODP.

Ниже приведены примеры полученных результатов. позволяют сделать вывод о высокой эффективности этого профилографа для изучения тонкой структуры донных отложений океанов с использованием нового узколучевого параметрического профилографа «SES-2000 deep».

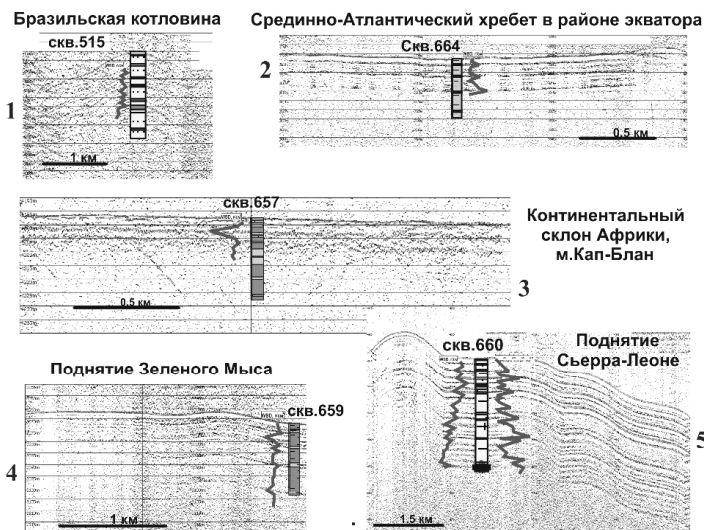


Рис. 2. Примеры корреляции профилей SES с результатами глубоководного бурения. 1 - Бразильская котловина, скв.515; 2 – восточный склон САХ южнее разлома Романш, скв.664; 3 –подножие континентального склона Африки, скв.657; 4 – Поднятие Зеленого Мыса, скв.659; 5 – Поднятие Сьерра-Леоне, скв.660.

Выводы.

1. Акустическая шахта НИС «Академик Сергей Вавилов» может использоваться для установки в нее измерительной аппаратуры при проведении попутных геофизических (сейсмоакустических) исследований в перегонных трансатлантических рейсах. Опробованное в 26-м рейсе устройство крепления антенны профилографа «SES-2000 deer» после небольшой доработки может быть использовано для съемки на скоростях судна 9-10 узлов, установленных для этих рейсов.

2. Профилограф «SES-2000 deer» зарекомендовал себя как очень эффективный и удобный в эксплуатации инструмент для изучения детального строения глубоководных морских осадков. В 26 рейсе НИС «Академик Сергей Вавилов» впервые получены сейсмоакустические записи сверхвысокого разрешения (менее 40-50 см) при проникновении ниже дна до 40-70 м на глубинах до 5.5-5.6 км.

3. В результате корреляции сейсмоакустических профилей сверхвысокого разрешения, полученных в 26 рейсе НИС «Академик Сергей Вавилов» в Бразильской котловине, на Срединно-Атлантическом хребте, на атлантических континентальных окраинах Западной Африки и Европы с разрезами, вскрытыми глубоководным бурением, впервые была показана возможность детальной литолого-стратиграфической и генетической интерпретации глубоководных сейсмофаций.

4. В целом, детальность полученных с профилографом «SES-2000 deer» сейсмоакустических данных позволяет существенно повысить точность исследований процессов океанского седиментогенеза и влияющих на него палеоокеанологических событий в неоген-

четвертичное время при наличии адекватных данных изучения колонок донных осадков или глубоководного бурения.

**ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО
ПРИЕМНИКА НА БАЗЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО КОРРЕЛЯЦИОННОГО ДИПОЛЯ В
ОДНОРОДНОМ ОКЕАНЕ**

Носов А.В., Постнов Г.А.

Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН

117997, г.Москва, Нахимовский просп.,36

Тел. (499)1248704, e-mail: a_v_nos@mail.ru

The potential limit of signal/noise ratio at output of the vertical correlative dipole as a function of receiver`s wideband in uniform ocean is estimated.

Корреляционный диполь (КД) представляет собой простейший вариант мультипликативной акустической приемной антенны, число приемников которой равно двум. Можно показать, что максимальный уровень шумового сигнала на выходе в заданной полосе частот

достигается при постоянном уровне спектра сигнала. Рассмотрим отношение сигнал/шум на выходе КД, составленного из двух гидрофонов с изотропной диаграммой направленности, разнесенных по вертикали на расстояние d . Источник шумового сигнала будем считать точечным и находящимся на поверхности океана или под водой, в последнем случае считаем, что излучение вверх отсутствует. Спектр сигнала на выходе приемника считаем постоянным в интервале частот (f, Mf) и равным нулю вне его.

Спектр амплитуды шума океана на выходе КД запишется так:

$$a(f) = 2\pi \left[\int_0^{\pi/2} n^{1/2} F \cos \theta d\theta + \int_{-\pi/2}^0 V_b n^{1/2} F \cos \theta d\theta \right] \quad (1)$$

где n -угловое распределение интенсивности шума, F -диаграмма направленности КД по полю, V_b -коэффициент отражения звука от дна по полю. Согласно работе [1] F записывается так

$$F(\theta) = \cos[k_0 v d (\sin \theta - \sin \theta_0)] \quad (2)$$

где θ_0 определяется фазовым сдвигом между перемножаемыми сигналами, d - расстояние по вертикали между гидрофонами, $k_0 = 2\pi f_0 / c$, f_0 -минимальная частота,

c -скорость звука в воде. Вид функции $n(\theta)$ зависит от выбранной модели океана. С учетом работы [2] выражение для n можно записать в виде

$$n(f, \theta) = \frac{n_0(f)}{1 - V_b(\theta) \exp(-\alpha \Delta l)} \quad (3)$$

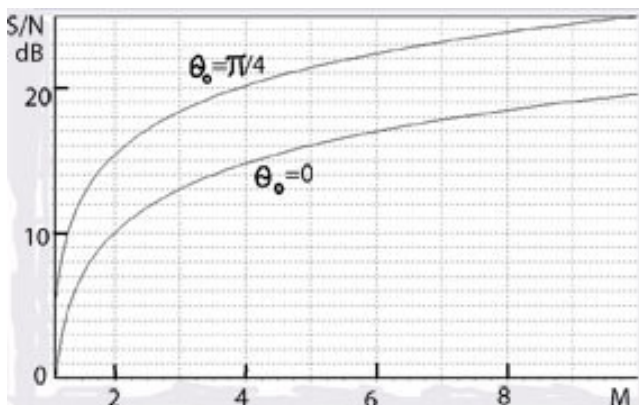
где $\alpha(f)$ -коэффициент затухания звука в воде, Δl -длина пути звука от поверхности океана до приемника, n_0 -интенсивность источников звука на поверхности океана. С учетом данных, приведенных в [3], можно записать $\alpha \approx 0.06 f^2$ [1/км] , где f-частота в кГц. Для однородного океана $\Delta l = 2h / \cos \theta$.

Формула для коэффициента отражения звука приведена, например, в работе [3].

Окончательно формула для отношения сигнал/шум на выходе корреляционного диполя имеет вид

$$S / N = \frac{M - 1}{\int_1^M \alpha(\nu) d\nu} \quad (4)$$

На рис.1 показана зависимость S/N от полосы пропускания приемника M для двух значений θ_0 при $f_0 = 30$ Гц, d=24 м.



ЛИТЕРАТУРА

1. А.П.Евтютюв, В.Б.Митько. Инженерные расчеты в гидроакустике. Л.:Судостроение, 1988.
2. Б.Ф.Куриянов, Б.И.Клячин. Применение теории переноса излучения в задачах распространения шумов океана. М.:Наука, 1984, С.16-30.
3. Д.Браунинг, У.Винкль. Уровень собственных шумов океана.//Подводная акустика и обработка сигналов. М.Мир 1985.

О ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ВЫСОТЫ ВОЛНЫ ДРЕЙФУЮЩИМ БУЕМ С ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ПРИБОРНОЙ КОСОЙ

Дубинко А.С., Нерсесов Б.А.

Использование дрейфующего буя, снабженного аппаратурой потребителей среднеорбитных космических навигационных систем, для измерения волнения моря [1] получило признание в нашей стране [2] и в мировой практике [3]. Оснащение такого буя измерительной приборной косой, предложенное в [4], превращает его в эффективное средство оперативного вскрытия и освещения океанологической обстановки в интересах обеспечения решения научных, хозяйственных и оборонных задач.

В связи с тем, что в настоящее время рассматривается возможность разработки опытного образца такого буя, некоторыми специалистами стали высказываться предположения о том, что наличие измерительной косы не позволит этому бую измерять морское волнение, т.к. коса будет значительно притапливать его при подъеме на волне. Настоящей статьей мы покажем необоснованность таких высказываний, для чего исследуем точностные характеристики измерения (отслеживания) высоты морского волнения дрейфующим бую с присоединенной к нему измерительной косой.

Сначала определим погрешность отслеживания волнения бую без измерительной косы, которая потребуется нам в дальнейших вычислениях. Возьмем прямоугольную систему координат, оси которой направлены: ОХ по вертикали, а ОУ в плоскости горизонта, совпадающей с поверхностью моря при отсутствии волнения, в направлении распространения волны. Для вертикальных колебаний буя на синусоидальной качке напомним

$$\ddot{x} + \frac{2\gamma}{T} \dot{x} + \frac{1}{T^2} x = \frac{A}{T^2} \sin \Omega t, \quad (1)$$

где:

x – отклонение бую от нулевого уровня,

T – период собственных колебаний бую,

γ - коэффициент демпфирования,

A и Ω - амплитуда волнения, равная половине высоты волны (расстояния между ее подошвой и вершиной), и его частота соответственно.

Приняв согласно [2] цилиндрическую форму бую с высотой и диаметром 1,2 и 0,3 метра соответственно и воспользовавшись методикой (5), при масштабном коэффициенте относительно испытанной модели бую, равном 2,5, находим $T = 1,65$ сек., $\gamma = 0,049$.

Уравнение (1) имеет устойчивое синусоидальное решение, амплитуда и фаза которого при наших условиях и периоде качки 8 сек. составляют 1, 03А и 2,57 угл. мин. соответственно. Иными словами, буй, совершая на качке совпадающее с ней по фазе движение, в силу своей инерционности несколько проскакивает вершину и подошву волны на величину 1,03 их значения.

Теперь обратимся к бую, снабженному измерительной приборной косой. Без нарушения общности будем считать, что подвешенная к бую коса представляет собой трос, на котором через равные промежутки размещены 7 приборных датчиков, заключенных в шарообразные корпуса диаметром 0,1 м. Обратим внимание на следующую особенность поведения бую с косой на качке. Т.к. скорость движения бую от вершины к подошве волны значительно превышает скорость погружения измерительной косы, последняя совершает погружение как свободное тело, не оказывая влияния на движение бую.

Т.е. на этом отрезке времени движение буя описывается уравнением (1). Этот характер движения сохранится в течение некоторого времени при подъеме буя, пока не натянется трос косы. При дальнейшем подъеме буя к нему будет приложена сила сопротивления воды движению косы, равная

$$F = \frac{C_x S V^2 \rho}{2}, \quad (2)$$

где:

C_x - безразмерный коэффициент сопротивления воды, зависящий от числа Рейнольдса для измерительной косы,

ρ - плотность воды,

S - площадь суммарного поперечного сечения приборов измерительной косы,

V - скорость подъема волны.

Таким образом, уравнения движения буя с косой распадаются на две части - линейную (1) при опускании и части подъема и нелинейную при последующем подъеме, которая имеет вид:

$$\ddot{x} + \frac{2\gamma}{T} + \frac{C_x S \rho}{2m} (\dot{x})^2 + \left(\frac{1}{T^2} - \frac{S_1 g \rho}{m_1} \right) x = A \left(\frac{1}{T^2} - \frac{g S_1 \rho}{m_1} \right) \sin \Omega t \quad (3)$$

где:

m - масса косы,

S_1 и m_1 - площадь поперечного сечения и масса буя соответственно.

Для свободного погружения косы запишем

$$\ddot{y} + \frac{C_x S \rho}{2m} (\dot{y})^2 = g, \quad (4)$$

где y – ордината центра тяжести косы, условно совмещенного с центром тяжести буга.

Таким образом, (1), (3) и (4) образуют систему уравнений, описывающую поведение буга с косой на качке. Условием существования (4) является $y - x > 0$. Тогда (1) существует при $y - x > 0$, а (3) при $y - x = 0$, $\dot{x} > 0$.

Решение этой нелинейной системы дифференциальных уравнений получено численным интегрированием, результаты которого с точностью до единиц сантиметров приведены в таблице 1. При этом принято, что высота волны равна 6 метрам ($A = 3\text{ м}$), $C_x = 0,5$.

Таблица 1

Время, доля периода волны Т	0,083	0,125	0,25	0,33	0,42	0,5
	0,58	0,66	0,75	0,83	0,91	1
Высота волнения над уровнем спокойного моря, м	1,0	1,72	2,0	1,72	1,0	0,0
	-1,0	-1,72	-2,0	-1,72	-1,0	0,0
Высота буга над уровнем спокойного	1,0	1,78	2,09	1,79	1,04	0,0

моря, м	-1,04	-1,79	-2,09	-1,8	-1.08	-0,05
Погрешность отслеживания волны буюм, м	0,0	0.06	0,09	0,07	0,04	0,0
	0,04	0,07	0,09	0,08	0,08	0,05

Из таблицы видно, что для заданных условий погрешность отслеживания буюм с измерительной косою высоты волны достигает максимума при нахождении бую на вершине и подошве волны. Эта величина совпадает с погрешностью бую без измерительной косы. Если сопоставить их погрешности для других частей волны, то они различаются при подъеме бую от подошвы до вершины волны, имея максимум, равный 5 см, на нулевом уровне волны.

Полученным результатам можно дать простое физическое объяснение. Приложенная измерительной косою к бую при его подъеме на волне сила сопротивления F вызывает притапливание бую. При этом на него начинает действовать архимедова сила $P = gS_1\Delta h\rho$, где Δh - величина притапливания бую силой F . Сила P компенсирует действие силы F и буй занимает положение, при котором за счет увеличения его осадки эти силы становятся равными друг другу. Поскольку период собственных колебаний бую значительно меньше периода волны, то притапливание и последующее подвсплытие бую на прежний уровень происходят без переходных процессов.

Таким образом, для максимального притапливания бую получаем

$$\frac{C_x S \rho}{2} V_{\max}^2 = g S_1 \Delta h_{\max} \rho,$$

где $\Delta h_{\max}$ - максимальное притапливание бую.

Отсюда $\Delta h_{\max} = \frac{SV_{\max}^2}{2S_1g}$ и в нашем случае имеет величину 5

см. Приведенная формула дает возможность определить погрешность измерения буюм волнения, вносимую измерительной косой, для любых его высот. Например, при высотах волн 2 и 10 метров получаем погрешности равные 0,6 и 14 сантиметров соответственно. Это дает основание считать, что присоединение измерительной косы к нашему бую не влияет на его способность измерять параметры морского волнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дубинко А.С. Расширение функциональных возможностей дрейфующих буйковых станций с помощью технологий, использующих космические навигационные системы, М, Современные методы и средства океанологических исследований, ч.2, 2000.

2. Отчет по НИР «Дрифтер», М., ОКБ ОТ РАН, 2004.

3. Masatoshi Harigae и др. Open Sea Sensor to measure height and direction waves, GeoIntelligence, 2005.

4. Дубинко А.С., Нерсесов Б.А. Изучение синоптических вихрей открытого океана с помощью дрейфующих буйковых станций, оснащенных аппаратурой потребителей космических навигационных систем, М., Современные методы и средства океанологических исследований, ч.2, 2005.

5. Смирнов Г.В. Результаты модельных испытаний носителей автономных буйковых станций, М., ИО РАН, 1997.

О НАПРАВЛЕНИИ РАЗВИТИЯ БЕРЕГОВЫХ БЕСКОНТАКТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ УРОВНЯ МОРЯ.

Комаров В.С.

Учреждение Российской академии наук Институт океанологии Им. П.П.
Ширшова(ИО РАН),
117851, Нахимовский пр-кт, 36, т. 4991256388, kvs@ocean.ru

An attempt of development of water-level meter project on a basis of contactless methods of distance measurement for sea level change dynamics monitoring is made. In current work a number of key decision of radar-tracking and optical (laser) device using for sea level measurement.

Сделана попытка разработки проекта уровнемерного поста на основе не контактных методов измерения расстояния для определения динамики изменения и мониторинга уровня моря. В работе разработан ряд принципиальных решений использования радиолокационных и оптических (лазерных) приборов для измерения уровня моря.

Так как бесконтактные методы основаны на измерении времен прохождения излучаемого источником и отраженного от поверхности раздела сигналов, при известной базе, то основной проблемой проектирования не контактных измерений является организация «спокойного зеркала» поверхности раздела – отражающей поверхности уровня моря с достаточным коэффициентом отражения, а так же организация стабилизированного положения опорной поверхности измерительной базы относительно земного геоида.

Организация «спокойного зеркала» поверхности раздела сводится к исключению влияния ветрового волнения и зыби. Достичь это можно путём выделения и ограждения измерительного отражающего пространства. Однако, при этом сохраняется влияние на зеркало

переменного давления волновой составляющей, избавиться от которой можно посредством глубинной диссипации флуктуаций в сообщающемся сосуде. Так как известно, что с глубиной происходит увеличение затухания высокочастотных флуктуаций давления [1]. В работе [2] получено приближённое выражение для передаточной функции давления среднего ветрового возмущения в зависимости от глубины, средней частоты и дисперсии. В большинстве случаев достаточно глубины в пределах 10м для удовлетворительной фильтрации пульсаций давления ансамбля поверхностных волн.

Таким требованиям удовлетворяют старые устройства колодезного типа, где вместо поплавкового преобразователя может использоваться один из упомянутых дистанционных измерителей. Новые уровнемерные посты следует размещать в глубинной части портовых сооружений: на оконечности пирса или мола с последующей передачей информации по радиоканалу или кабелю через модем. Такое размещение позволяет избежать значительных строительных затрат и организовать стабилизированное по вибрациям положение опорной поверхности измерительной базы относительно реперной точки земного геоида, путём геодезической координации.

Так как многие современные приборы разрабатывались для измерения и мониторинга уровня нефтепродуктов в танках и нефтеналивных резервуарах, а также сыпучих материалов, то, для увеличения коэффициента отражения, может быть использовано подкрашивание зеркала небольшим количеством нефтепродуктов или мелкодисперсным плавучим материалом типа микростеклосфер, распределённых по отражающей поверхности.

Развитие цифровой и вычислительной техники позволяет получать практически с любым разрешением непрерывные измерения волновых колебаний в реальном времени. Учитывая, что для лазерного и радиолокационного измерителей уровня, диаметр падающего луча примерно 20-30мм, а расхождение луча $\leq 0,2^\circ$, а радиолуча $\leq 4^\circ$, то возможна регистрация полного спектра поверхностных волн и расчётное осреднение открытой волновой поверхности, отфильтровывая

высокочастотную составляющую от мгновенного значения местного уровня моря с необходимой точностью. Оценки показали, что такой подход может избавить расчётным путём от необходимости организации «спокойного зеркала».

Большинство измерителей уровня разрабатывались для коммерческих промышленных целей, то вопросы влияния на точность измерений уровня моря переменной влажности и наличия конденсата требуют отдельных и конкретных исследований.

Литература

1. Мар Г.Н., Шендерович И.М., Фоминов С.А. Дистанционный измеритель уровня для озёр и водохранилищ. // Труды НИИГМП, 1983г. Вып. 43.

2. Заславский М.М., Красицкий В.П. О пересчетах данных волнодафа с датчиком давления на спектр поверхностных волн. Океанология, 2001, том 41, № 1, с.1-6.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОПЛЕРОВСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЯ И РАСХОДА ВОДЫ АДРС В ЗАДАЧАХ МОНИТОРИНГА РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Тарасов Л.Л., Бриллиантов А.Н.

ООО «ЭКОНГинжиниринг» Москва, ул. Летняя д. 6.

Аннотация

Рассмотрены некоторые технические вопросы применения доплеровских измерителей скорости течения и расхода воды ADCP фирмы Teledyne RDInstruments при проведении мониторинга русловых процессов в районах подводных переходов магистральных трубопроводов через реки в летнее и зимнее время.

Some of techniques of Doppler profiler (ADCP) using in solutions of problems of stream processes monitoring are considered in this report. It is proposed a number of new, off-center using ways of ADCP in addition to standard methods of application both in summer on board, as in winter on ice.

Опыт эксплуатации доплеровских измерителей скорости течения и расхода воды ADCP фирмы Teledyne RDInstruments позволяет на основе анализа их сильных и слабых сторон выработать некоторые практические рекомендации по применению этих приборов как при решении стандартных задач, для которых они были созданы, так и предложить новые, менее традиционные, способы их использования.

Работа на реках, по сравнению с морскими условиями, облегчается обычно слабой глубинной зависимостью скорости звука. Кроме того, в среднем более высокая мутность речной воды, по сравнению с морской, обеспечивает хорошее соотношение рассеянного сигнала и шума на любом горизонте в заявленном рабочем глубинном диапазоне прибора. В отличие от моря, на реках никогда не наблюдалась потеря сигнала из-за слишком чистой воды.

При проведении гидроакустических работ на реках практически все основные параметры, выводимые ADCP: три компоненты скорости

течения, значения глубины дна по четырем акустическим каналам и относительные коэффициенты объемного рассеяния – могут быть использованы в решении тех или иных задач мониторинга русловых процессов.

Стандартными для профилографа задачами считаются измерения расхода воды в реке и распределения векторов скоростей течения в сечении гидрометрического створа. Погрешности измерений при решении таких задач сильно зависят от характера реки. Чем шире и глубже река, тем меньше разброс значений ее расхода, полученный при каждом прохождении створа измерительным судном. На таких реках, как Обь или Волга, разброс измеренных расходов за 2 – 6 проходов катера вдоль поперечного створа обычно не превышает 1 %. При этом значения расходов и скоростей течения мало зависят от скорости судна и даже при движении катера в 3 – 4 раза быстрее, чем течение на стрежне, разброс практически не увеличивается.

Следует сказать, что при больших объемах работ и дефиците времени на их проведение, это обстоятельство имеет немаловажное значение. На мелких и быстрых реках погрешности измерений растут. В первую очередь это связано с уменьшением относительной площади сечения потока, на которой можно непосредственно измерить скорости течения. Данные по расходу для приповерхностной, придонной областей и мелководья вблизи берега приходится оценивать экстраполяционными методами. Однако, даже при 20% покрытии площади сечения непосредственными измерениями скоростей оценочные значения расхода редко отличаются более, чем на 15% от реальных величин. Точность этих оценок легко проверить путем измерения расхода на более глубоком и спокойном участке реки. Главным условием адекватности такой проверки является отсутствие притоков и стоков на участке между створами.

Одной из задач, связанных с измерением расходов, является поиск в половодье боковых протоков, скрытых зарослями пойменной растительности и труднодоступных для катера. Разрез, проведенный вдоль берега между двумя твердыми участками, позволяет обнаружить

наличие стоков или притоков. При обнаружении расхода, значимо отличающегося от нуля, проводятся более тщательные работы по поиску протоки.

В ряде случаев в период спада половодья остаются протоки, скорость течения в которых не превышает нескольких сантиметров в секунду. В отличие от гидрометрических вертушек ADCP позволяет получить оценки векторов скорости в таких потоках.

Очень часто ADCP используется для построения картины распределения векторов скорости течения по акватории, площадь которой может достигать в наших работах 15 км² (участок Оби в районе поселка Андра длиной более 7 км при ширине реки до 2-х км). Картина распределения векторов строится для нескольких глубин и позволяет определить возможные направления переноса донных осадков и взвешенных частиц. Для построения векторного поля скоростей проводится несколько десятков (до 90) поперечных галсов с шагом 40 – 300 м вдоль оси течения, зависящим от ширины реки и длины обследуемого участка.

В зимнее время при работе со льда, кроме измерения скоростей ADCP использовался в качестве четырехлучевого эхолота. С одной пробуренной лунки за одно измерение может быть получено четыре значения глубины в точках, находящихся примерно в углах квадрата со стороной немного меньшей, чем глубина места. При наличии нескольких пробуренных лунок (обычно 9, три ряда по три с одинаковым шагом) и двух записях на лунке, отличающихся поворотом ADCP на 45° вокруг вертикальной оси, получается достаточно подробная картина дна, построенная по 72 точкам, относительно равномерно распределенным по обследуемой площади. Жесткая пространственная привязка лунок позволяет изучать временную изменчивость картины дна, направления и скорости переноса донных осадков в зимнее время.

Анализ картины распределения относительных коэффициентов объемного рассеяния позволяет выделить участки дна, качественно отличающиеся характером донных осадков. Очень часто на больших

реках в сечении русла отмечаются «факелы» поднятых со дна взвешенных частиц, коэффициент рассеяния в которых может отличаться от фонового на 10 – 15 дБ. В наших дальнейших работах предполагается разработка методик получения количественных оценок мутности по данным ADCP.

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ АКУСТООПТИЧЕСКОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВОДЫ

Шаповалов И.С., Оленин А.Л.

Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН 117997, г. Москва,
Нахимовский проспект, д.36

e-mail: nimnadne@gmail.com; olenant@hotmail.com.

Введение

В рамках проекта «Многоканальный гидролого-оптико-химический комплекс для океанологических и экологических исследований» разработан лабораторный стенд исследования возможностей акустооптической спектрометрии (АОС), для исследования технических характеристик измерительного канала построенного на

основе акустооптического перестраиваемого фильтра, на лабораторном стенде.

Лабораторный стенд состоит из следующих элементов:

- Резервуар с очищенной водой.
- Комплекс фильтров, для очистки воды.
- Прочное основание для резервуара с водой.
- Акустооптический спектрометр (АОС).
- Набор реагентов.
- ЭВМ обработки сигналов с АОС.

Стенд предназначен для исследования возможностей акустооптической спектрометрии. Основные работы на стенде:

- Предварительная проверка АОС на затекание
- Создание объема очищенной воды
- Создание объема воды с одним загрязняющим веществом
- Калибровка АОС по одному загрязняющему веществу
- Калибровка АОС по двум загрязняющим веществам
- Калибровка АОС по n загрязняющим веществам
- Создание методологии измерения параметров загрязняющих веществ воды с помощью АОС

АНТЕННА НАКАЧКИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО

ИЗЛУЧАТЕЛЯ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКОГО ПРОФИЛОГРАФА

Воронин В.А., Мерклин Л.Р., Тарасов С.П.

Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН
117997, Москва, Нахимовский проспект, 36

Тел.: (499) 1248540, E-mail: imerklin@ocean.ru

В настоящее время гидроакустические средства, предназначенные для исследования толщи морского дна, еще не удовлетворяют предъявляемым к ним требованиям, особенно это касается получения вертикального разреза тонкой структуры донных осадков в верхней части осадочного чехла с высоким разрешением.

Успешно решить поставленную задачу позволяет использование параметрического гидроакустического профилографа [1] благодаря высоконаправленному широкополосному излучению на низких частотах при сравнительно малых размерах антенной системы.

С помощью параметрического профилографа, в принципе, можно «прозвучивать» донные осадки до значительных глубин. В силу своей широкополосности параметрический профилограф способен адаптивно решать задачу профилирования донных отложений, позволяя выбрать оптимальную рабочую частоту в зависимости от вида и типа донного грунта. При этом «озвученный» объем на разных частотах будет одинаковым, благодаря свойству постоянства характеристики направленности параметрической антенны в широком частотном диапазоне. Сравнительно невысокий коэффициент нелинейного взаимодействия компенсируется реализацией в профилографе режима излучения параметрической антенной линейно-частотно-модулированных (ЛЧМ) сигналов и оптимальной обработки [1,2].

Диапазон разностных частот и, следовательно, девиация ЛЧМ сигнала параметрического профилографа существенно ограничена. Снизу

- снижением эффективности нелинейного преобразования энергии волн накачки в энергию волн разностной частоты при большом отношении частот накачки и разностной. Сверху - диапазон ограничен влиянием частотно-зависимого затухания в донных осадках и полосой пропускания антенны накачки.

Влияние частотно-зависимого затухания в донных осадках в значительной степени может компенсироваться амплитудно-частотной характеристикой параметрической антенны, которая демонстрирует рост амплитуды сигнала разностной частоты с увеличением значения разностной частоты. По сути, амплитудно-частотная характеристика параметрической антенны является способом введения предискажений в частотный спектр ЛЧМ сигнала, который «выравнивается» по мере распространения сигнала в толще донного грунта.

В качестве зондирующих сигналов нами используются как тональные, так и широкополосные зондирующие сигналы для увеличения энергетического потенциала и повышения разрешающей способности. Частоты накачки параметрической антенны мы выбрали в диапазоне 30 кГц, а длительности излучаемых импульсов $1 \div 100$ мс.

Верхняя частота девиации широкополосного (ЛЧМ) сигнала ограничивается значениями (4–5) кГц, что обеспечивает сравнительно высокую разрешающую способность по глубине. Более высокие частоты существенно затухают в грунте и не дают выигрыша в разрешающей способности. С ними можно работать только в самой верхней части донных осадков (десятки метров). Нижние частоты девиации ограничиваются низким коэффициентом преобразования сигналов накачки в сигнал разностной частоты из-за большого снижения по частоте. Достаточную глубину профилирования донных структур, например. 100-200 м под дном, можно достичь при частотах в районе 500 Гц. Эта частота и выбрана в качестве нижней границы частоты девиации.

Параметрическая антенна, основу которой составляет антенна накачки, обеспечивает высоконаправленное, высокоэффективное

излучение сложных сигналов в широком диапазоне частот и широком диапазоне изменения всех параметров профилографа с целью излучения максимально возможной энергии сигнала. Поскольку процесс нелинейного взаимодействия является амплитудно-зависимым, увеличение энергии сигнала за счет существенного увеличения длительности при одновременном снижении амплитуд излучаемых сигналов (для облегчения режима работы антенны накачки и усилителей мощности) является нецелесообразным. Звуковое давление сигнала разностной частоты пропорционально произведению уровней давлений волн накачки, что не позволяет снижать акустическую мощность. Интенсивность волн накачки должна быть достаточно высокой, насколько позволяют ограничения по порогу кавитации, ударному порогу и пределу прочности материала преобразователей.

С целью компенсации качки судна реализована электронная стабилизация луча параметрической антенны в плоскостях бортовой и килевой качки и компенсация вертикальных перемещений антенны.

Анализ энергетического потенциала параметрического сейсмоакустического профилографа, условий распространения акустических сигналов в донных осадках, а также массогабаритных, технологических, стоимостных показателей антенны накачки позволил определить основные характеристики параметрической антенны профилографа, а именно: - частота накачки – 30 кГц; - диапазон разностных (рабочих) частот – (0,5 - 5) кГц; - диапазон длительностей зондирующего сигнала – (1-100) мс. Из условий обеспечения необходимого энергетического потенциала параметрического профилографа и требуемого разрешения в горизонтальной и вертикальной плоскости с учетом электронной компенсации качки судна ширина характеристики направленности параметрической антенны выбрана в пределах $5^\circ \times 5^\circ$ с сохранением этих значений во всем частотном диапазоне.

Антенна накачки параметрического профилографа представляет собой прямоугольную антенную решетку, составленную из двух подрешеток. Пьезоэлементы в подрешетках расположены в шахматном

порядке, а сами подрешетки вставлены друг в друга. Подрешетки работают независимо каждая на своей частоте накачки и позволяют осуществлять сканирование характеристики направленности антенны в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях.

Для удобства эксплуатации, транспортировки и установки вся антенна площадью $(0,8 \times 1)$ м² составлена из 10 независимых модулей прямоугольной формы. Каждый из модулей содержит по 80 пьезопреобразователей, образующих две подрешетки, на которые подаются сигналы накачки разных частот. Каждый модуль антенны набран из 10 пьезоблоков. Модуль антенны накачки представляет собой герметичную конструкцию, залитую полиуретановым компаундом. Внешний вид модуля антенны, залитого звукопрозрачным компаундом, показан на рисунке 1. К каждому модулю подходит два многожильных экранированных кабеля типа КМПЭВ. Модули могут использоваться по отдельности.

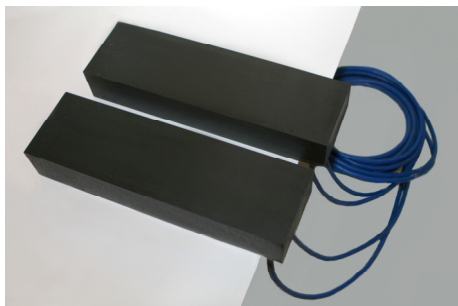


Рисунок 1 – Модуль антенны накачки параметрического излучателя

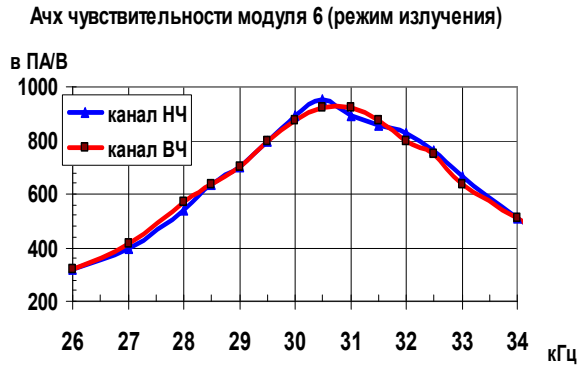


Рисунок 2 – Частотная зависимость чувствительности в режиме излучения

На рисунке 2 приведена зависимость чувствительности в режиме излучения от частоты для одного блока.

Анализ графиков показывает, что максимальная чувствительность в режиме излучения проявляется на частоте резонанса 30,5кГц, полоса пропускания по уровню 0,7 от максимального значения равна 4,5 кГц.

Ширина характеристики направленности одного модуля составляет 5,5 градусов в плоскости параллельной длинной стороне блока и 16 градусов в другой плоскости.



Рисунок 3 – Внешний вид антенны накачки сейсмоакустического профилографа

Вся антенна в сборе представляет собой автономную конструкцию, которая предусматривает возможность установки и крепления ее в шахте со стороны днища судна, либо на опускном забортном устройстве со стороны борта судна. Общий вид конструкции антенной решетки, состоящей из 10 герметичных модулей, представлен на рисунке 3.

Антенна предназначена для работы в импульсном режиме с большими длительностями импульсов (до 100 мс) с удельной акустической мощностью более 5 Вт/см^2 .

Разработанная антенна накачки параметрического излучателя предназначена для использования ее в качестве высоконаправленной излучающей антенны сейсмоакустического профилографа. Работа выполнена в рамках НИОКР: «Разработка технологий мониторинга морей на основе ультра-разрешающих гидроакустических комплексов трёхмерного картирования поверхности дна и тонкой структуры донных осадков континентального шельфа», ЦНТП «Разработка уникальных научно-исследовательских приборов и оборудования для учреждений РАН» (2006-2008 гг.).

Литература

1. Воронин В.А., Тарасов С.П., Тимошенко В.И. Гидроакустические параметрические системы. – Ростов-на-Дону: Ростиздат, 2004. – 400 с.
2. Воронин В.А., Кузнецов В.П., Мордвинов Б.Г., Тарасов С.П., Тимошенко В.И. Нелинейные и параметрические процессы в акустике океана. – Ростов-на-Дону: Ростиздат, 2007. – 448 с.

СТАЦИОНАРНЫЕ ПОДВОДНЫЕ СТАНЦИИ: ОБЗОР СОСТОЯНИЯ И ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Северов С.П¹, Суконкин С.Я², Леденев В.В², Судаков Н.В².

¹МГТУ им. Н.Э. Баумана

²ОКБ океанологической техники РАН

Аннотация

Представлен краткий обзор известных проектов стационарных подводных станций. Показано, что выход на мировой уровень проектирования открывает новые перспективы, но вместе с тем требует новых методологий конструирования и управления проектами.

Актуальность. Во второй половине XX века появились идеи обеспечить дальнейшее развитие человечества путем интенсивного освоения океана. Одновременно обострилась необходимость защиты океана от последствий антропогенного воздействия. Океан играет

основную роль в формировании климата на планете В океане в связи со спецификой строения земной коры проявляется 80% всех землетрясений. Все это и многое другое определяет необходимость полномасштабных исследований океана [2].

Судовые методы исследования имеют существенные ограничения. Кроме того, судовые методы весьма затратны [16].

Спутниковые методы наблюдений позволяют получать крупномасштабные изображения поверхности океана в различных участках спектра ЭМИ, но этого недостаточно [16].

Использование подводных станций предоставляет дополнительные возможности для изучения процессов происходящих в океане, по сравнению с методами, названными выше, и при существенно меньших относительных затратах..

Станции-сейсмографы. Стационарные подводные станции для исследования акваторий используются с давних пор. Первые донные станции для регистрации сейсмических сигналов появились в 30-х годах XX-го столетия в США. В России один из первых донных сейсмографов был сконструирован академиком Г.А. Гамбурцевым. Он устанавливался в 1933 г. на шельфе юго-западной оконечности озера Байкал. Сегодня эти станции представляют значительный исторический интерес. Их характеристики приведены в [3]. В конце 50-х годов в Институте по изучению землетрясений Токийского университета был создан акселерограф для изучения сейсмичности в мелководной зоне. Это было началом морских сейсмических наблюдений в Японии [2]. В 1960 г. Правительство США выделило в рамках проекта разработки средств и методов обнаружения ядерных взрывов «VELA UNIFORM» специальные ассигнования на создание донных станций [2]. В 1980-е годы британская геологическая служба и Бергенский университет Норвегии организовали донные сейсмологические наблюдения в Северном море. Один из донных сейсмографов в этой установке был связан с нефтедобывающей платформой Ozeberg кабелем [2]. В США осуществлялась программа бурения глубоководных океанических скважин. Первые успешные

испытания морского скважинного сейсмометра были проведены в 1979 г. в скважине глубиной 494 м, пробуренной на глубине 5500 м, вблизи побережья Мексики. [2].

В 1991 г. была установлена, разработанная Исследовательской лабораторией ВМФ США, самовсплывающая донная станция. [2] .

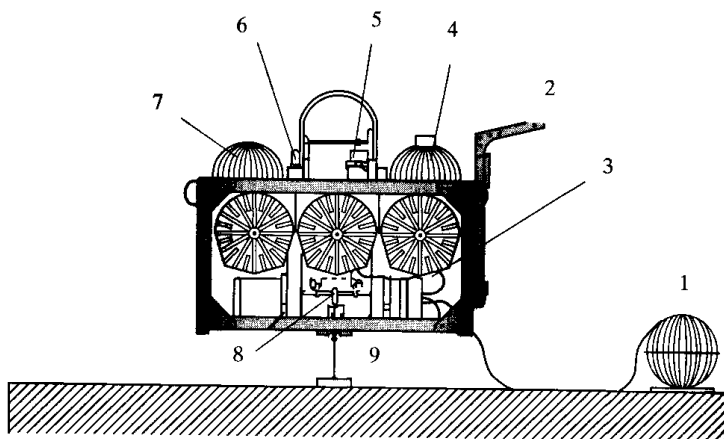


Рис. 1. Самовсплывающая донная станция [2]

Донные станции ИО и ОКБ ОТ РАН. Широкополосная донная сеймостанция разработки ИО РАН состоит из двух контейнеров соединенных кабелем: приборного контейнера и контейнера сейсмоприемников (при этом пространственный разнос достигает 50 м, что существенно снижает помехи на контейнер сейсмоприемников). Последний имеет отрицательную плавучесть и находится на дне [2] .



Рис. 2. Автономные донные сейсмостанции ОКБ ОТ РАН [3] .

Для обеспечения высокой мобильности донные самовсплывающие сейсмостанции ОКБ ОТ РАН выполняются в одномодульной конструкции [3].

Сегодня встает задача измерения гидрофизических параметров во всем диапазоне глубин океана. С этой целью в рамках проектов OceanSITES и EuroSITES развернута сеть подводных обсерваторий. EuroSITES – это программа по формированию интегрированной европейской сети из 9 глубоководных исследовательских обсерваторий. [11].

Цунами, прокатившееся по странам юго-восточной Азии, унесшее жизни более 200 тысяч человек, показало необходимость, создания глобальной сети предупреждения о подобных стихийных бедствиях [2]. В настоящее время в рамках проекта DART, проводимого организацией NOAA (Национальное управление океаном и атмосферой), преимущественно в Тихом океане развернута сеть автономных донных станций предупреждений о цунами. Не так давно несколько подобных станций было установлено в Индийском океане. [10]. Все они конструктивно оформлены в виде двух блоков: донной станции и

поверхностного заякоренного буя, осуществляющего передачу данных через спутники в береговой центр.

По существующим представлениям, накануне катастрофических гиперземлетрясений, вследствие накопления огромных запасов упругой энергии происходит существенная физическая перестройка очаговой зоны, как на суше, так и на морском дне.. Впервые идея о возможности изменения химического и газового состава подземных вод была высказана Б.Б. Голицыным в 1911 г. Исследования, проводившиеся в последние годы (1980 – 2003), показали перспективность применения гидрохимических методов для краткосрочного прогнозирования землетрясений в районе Камчатки, Сахалина, Курильских островов. [10].

В 1998 гг. в Институте океанологии по договору с МЧС РФ была разработана донная обсерватория, предназначенная для проведения комплексных гидрофизических и гидрохимических измерений в придонном слое с целью регистрации возможных краткосрочных предвестников сильных землетрясений [2]. Целый ряд подводных обсерваторий разработан ФГУП ОКБ ОТ РАН [3].

Подводные станции для геофизических исследований. Новосибирский научно-исследовательский институт разработал проект самовсплывающей донной станции. [12].

В [специальном конструкторском бюро средств автоматизации морских исследований \(СКБ САМИ\)](#) ДВО РАН разработан современный донный измерительный комплекс, обладающий возможностью работы в автономном режиме на значительной глубине, оснащенный различного рода датчиками. [5] .

В Италии развернут проект Geostar [7]. Донная станция устанавливается, возвращается и обслуживается с помощью подводного привязного аппарата Active Docker.

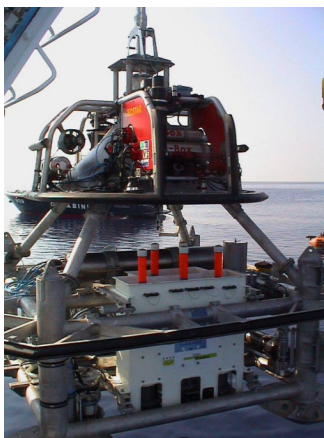


Рис.3. Донная обсерватория Geostar с подводным привязным аппаратом установки/возвращения станции [7].

Обсерватории Geostar при отсутствии связи с берегом могут работать изолированно, как автономные станции. Такая ситуация может возникнуть после установки станции пока оборудование еще не подключено к кабелю, а также при сбоях в работе систем связи, когда береговая станция недоступна. В штатном режиме станция связана информационно с берегом. Прием/передачу данных обеспечивает коммуникационное оборудование Messengers.

При разработке Messengers использовались подводные контейнеры из композитных материалов. При оценке устройств накопления данных основное внимание уделялось их энергопотреблению, информационной емкости и стойкости к воздействию окружающей среды (удары, вибрация, помехи).

Сетевые подводные станции. Станция SN-1 замышлялась, как часть Итальянской подводной геофизической и экологической сети, расширяющей возможности сети обсерваторий наземного базирования. SN-1 представляет более легкую версию обсерватории Geostar, предназначенную для геофизических и океанографических исследований. Станция исправно функционировала в период с октября 2002 по май 2003

и после проведения проверки была вновь возвращена на морское дно. SN-1 стала первой кабельной обсерваторией в Европе.

Проект ORION-GEOSTAR 3 – первая сеть подводных многофункциональных обсерваторий, построенных на базе Geostar.

В ходе операции 2001-2002 гг. на дне океана у берегов Антарктиды на глубине 2800 м. была установлена донная обсерватория [7].

Сегодня инициатива в области разработки донных станций переходит от научных организаций к нефтегазовым компаниям. Они особенно заинтересованы в разработке донных автономных станций, поскольку прокладка подводного кабеля обходится дорого. Возможность применения донных станций для мониторинга нефтегазоносных акваторий стала возможной в связи с совершенствованием технологий [15].

Проект Sercel (Франция) ARMSS (Autonomous Reservoir Monitoring Seismic System) – автономная накапливающая наблюдательная сейсмическая система фирмы Sercel [15].

Известен проект Z – pod производства Fairfield. Установка и возвращение производится с помощью аппарата фирмы Sonsub Innovator. Система была успешно испытана в Мексиканском заливе [15].

Немецкая компания K.U.M. (г. Киль) предлагает 3 различных донных станции. [15].

Проект GeoPro – немецкая компания (г. Гамбург) предлагает сейсмостанции, как для научных институтов, так и для добывающих компаний. Характеристики сейсмодатчиков аналогичны предыдущим прототипам. [15].

Компания SeaBed в период с 1997 по 2000 гг. была вовлечена в крупный проект ROKVA в Норвегии, финансируемый компаниями BP, Norsk Hydro, Eni-Agir и Норвежским исследовательским советом. Это обширный проект, в рамках которого был проведен сравнительный анализ донных систем: кабелей, платформ, станций. Первое испытание донной станции компания провела совместно с BP в Мексиканском заливе. Сеть из 1400 сейсмоприемников была развернута на площади 230

км². В настоящее время компанией разработана станция CASE, рассчитанная на глубины до 3 км. В Мексиканском заливе уже проверены 6 образцов станции [15].

В «Севморгео» разработан морской сейсмический комплекс «Граница» с аналоговыми сейсмостанциями с однокомпонентной регистрацией [13]. Он был апробирован в Мурманской Комплексной Морской Арктической Геофизической Экспедиции, где с его помощью были отработаны тысячи километров сейсмических профилей в Атлантическом океане.

Цифровая самовсплывающая донная сейсмостанция АДСС-1 разработанная в ОКБ ОТ РАН, предназначена для исследования строения земной коры и донных осадков с помощью искусственных источников, а также для регистрации сигналов от сейсмических явлений на морском дне в диапазоне частот выше 1 Гц [3].

Морской автономный регистратор сейсмических сигналов MAPСС предназначен для проведения работ по изучению микросейсмического волнового поля на морском шельфе с использованием в системах сейсмологического мониторинга, а также для геолого-геофизических исследований морских углеводородных месторождений. [3] .

Сегодня необходимость развития сети автономных донных станций признана во всем мире [9].

Основные выводы. Множество проектов стационарных подводных станций становится соизмеримым с множеством мобильных подводных роботов и аппаратов. Подводные станции, во всем их разнообразии, подобно подводным аппаратам, вполне поддаются систематизации, структурированию и классификации. В качестве признаков классификации могут быть использованы основные проектные параметры и специфические особенности станции. Сегодня производители подводного оборудования, долгие годы работавшие только на науку, все чаще заключают контракты на производство донных станций и комплектующих к ним для коммерческих компаний. Наблюдается устойчивая тенденция роста числа проектов создания

интегрированных донных комплексов путем перехода от использования одиночных донных станций к сетевым конфигурациям.

Интеграция различных подводно-технических проектов и систем становится нормой, а не исключением. Но проекты, связанные с интеграцией, по-прежнему остаются весьма сложными, где команда проекта может столкнуться с целым рядом нестандартных ситуаций. Ощущается необходимость в том, чтобы специалисты, обладающие опытом управления комплексными и масштабными проектами, знакомыми бы обучаемых с методами преодоления сложностей интеграционных проектов. В рамках высшего профессионального образования обучаемые должны получать возможность тренироваться в практическом применении предлагаемых методов к реальным проектам, в том числе и к проектам донных станций, участвуя в выполнении практических заданий.

Как следует из приведенного обзора, потребность в стационарных автономных донных станциях непрерывно растет. Кабельные станции все больше уступают автономным станциям не только в стоимости, но и в надежности. Новая элементная база позволяет строить миниатюрные станции, упрощая их установку и обслуживание. Спутниковая связь позволяет поддерживать связь со станцией в режиме реального времени. Автономные станции могут быть развернуты в любой точке океана. Одно из основных направлений развития подводных станций – повышение времени непрерывной работы путем увеличения емкости батарей и уменьшения энергопотребления аппаратуры.

Проектная методология создания технических средств подводного экогеомониторинга в значительной степени базируется на традиционной инженерной океанологии. Это ценный опыт, но его недостаточно. В систему высшего подводного инженерного робототехнического образования и в практику проектных организаций, занятых разработкой океанологической техники, настойчиво стучится проектный менеджмент. Интеграция комплекса станций требует, на определенном уровне зрелости проектной организации, управления интеграцией проекта создания каждого комплекса. Последнее означает, что целесообразному управлению подвергаются: содержание проекта; его сроки: стоимость; качество; команда; коммуникации;; поставки; риски проекта. Чем

сложнее и масштабнее проект, тем более определеннее должна быть используемая методология управления проектом, в том числе и глубоководного донного комплекса экогеомониторинга. *(Полный текст сообщения предполагается выложить на сайте <http://www.edboe.ru/>)*

Список используемых источников информации.

1. Левченко Д.Г. Регистрация широкополосных сейсмических сигналов и возможных предвестников сильных землетрясений на морском дне. – М.: Научный мир, 2005. 240 с.
2. Лобковский Л.И. Геоэкологический мониторинг морских нефтегазоносных акваторий/ Л.И. Лобковский, Д.Г. Левченко, А.В. Леонов, А.К. Амбросимов; [отв. Ред. С.С. Лаппо]; Ин-т океанологии им. П.П. Ширшова, - М.: Наука, 2005. – 326 с.
3. <http://www.edboe.ru/> - официальный сайт ФГУП ОКБ ОТ РАН.
4. <http://www.eurosites.info> – официальный сайт EuroSITES.
5. <http://www.expo.ras.ru> – официальный сайт центра РАН.
6. http://rus.ferhri.ru/argo/index_r.htm – сайт Дальневосточного научно-исследовательского гидрометеорологического института,.
7. <http://geostar.ingv.it/> - сайт проекта Geostar.
8. http://ias.ocean.ru/esimo/data_online_equipment.jsp – сайт «Единая государственная система информации об обстановке в океане».
9. http://www.kremlin.ru/sdocs/appears.shtml?day=27&month=12&year=2006&Submit.x=9&Submit.y=10&value_from=&value_to=&date=&stype=63378&dayRequired=no&day_enable=true# - официальный сайт Президента России,.
10. <http://nctr.pmel.noaa.gov/index.html> –NOAA по предупреждению цунами.
11. <http://www.oceansites.org> – официальный сайт программы OceanSITES.
12. <http://www.rttm-siberia.ru> – региональная база данных инновационных проектов Российской сети трансфера технологий.
13. <http://www.sevmorgeo.com> – Официальный сайт Федерального Государственного Унитарного Научно-Производственного Предприятия по морским геологоразведочным работам «Севморгео».
14. <http://www.soest.hawaii.edu/HUGO/hugo.html> – официальный сайт проекта HUGO (Гавайская подводная геофизическая обсерватория).
15. <http://www.worldoil.com/Magazin> – сайт журнала WorldOil magazine.

ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИЙ ГЛАЙДЕР

Комаров В.С

Учреждение Российской академии наук Институт океанологии Им. П.П.
Ширшова(ИО РАН),
117851, Нахимовский пр-кт, 36, т. 4991256388, kvs@ocean.ru .

The goal of our project is creation of functional models of carriers of oceanologic glider - comparable on a design and properties of working medium . As a result of the comparative analysis of experimental data of tests of models, it is supposed to receive recommendations for the further use of working out in scale projects of oceanologic researches and introductions in oceanologic practice.

Изучение Мировых океанов занимающих 5/6 поверхности Земли, задача всех поколений людей с начала мореплавания. Огромные просторы и километровые объемы водной толщи, определяющих, практически, весь климат на земле, по влиянию на земную жизнь сравним лишь с влиянием Солнца.

Даже локальные океанологические исследования требуют чрезвычайных усилий и затрат, связанных с содержанием и эксплуатацией исследовательского флота. Вот почему важно развивать робототехнику автономных автоматических средств исследования и сбора океанологической информации. Само по себе техника роботизированных автономных автоматических средств разбивается на две почти самостоятельные задачи. Это средства сбора измерений и исследований океанологической информации, которая представляет собой совокупность отдельных автономных взаимозаменяемых

сенсорных и измерительных модулей. Их совокупность в зависимости от комплексной задачи представляет собой отдельный функциональный конструктивный блок или несколько блоков, объединенных логически общим процессором с накопителем получаемой информации и блоком электрического питания [1]. И вторая, это собственно носитель этих модулей, объединяющий измерители в общий конструктив. Архитектура его обусловлена минимизацией потерь энергии затраченной на движение. Носитель, как правило, содержит легкий корпус для снижения потерь на трения и волновых потерь при движении в водной среде, при необходимой прочности для сохранения формы и крепления измерительных модулей в условиях волновых воздействий. Носитель имеет принципиально важную роль, так как он должен обеспечить перемещение измерительных модулей, как можно дальше, т.е. обеспечить максимальную автономность, что повышает КПД исследований.

Перемещение носителя осуществляется за счет запаса электроэнергии батарей или используются естественные энергетические возможности, как то: использование энергии волн или использование тепловых градиентов поверхностных и придонных водных слоев. Носители такого типа получили распространение последние 10 – 15 лет, так как сильно удешевляет процесс исследования, и позволяют неограниченно долго вести океанские исследования. Если использовать для управления и коррекции его движением спутниковую связь и навигацию (GPS, GLONASS), с помощью которой можно передавать управляющие команды и алгоритмы коррекции траектории на аппарат, а с него получать спрессованную океанологическую информацию, полученную от бортовых сенсоров.

Использование градиентов температуры поверхностных и глубинных слоев океана требуют перемещений аппарата по вертикали и основано на изменении плавучести чувствительной к температуре балластной части аппарата, изменяющей свой объем в результате изменения температуры под воздействием внешней среды. Рабочее тело балластной части это жидкость, смеси жидких веществ или твердое

вещество, имеющее большой коэффициент объёмного температурного расширения, так что изменение объёма рабочего вещества удаётся использовать для значительного изменения сил водоизмещения аппарата.

Сама по себе сила водоизмещения способна перемещать аппарат по вертикали, но если обеспечить аппарату форму поверхности корпуса, обладающую необходимым гидро-аэро-динамическим качеством относительно продольной оси, подобно летательному планеру, то при управлении дифферентом, соотношением сил веса и водоизмещения возможно получить планирующее движение в толще воды.

Это принцип использован в аппаратах «Slocum» и «Spray» [2]. Его эффективность тем выше, чем больше температурная зависимость объёма аппарата и чем эффективней управление движением. Тип таких аппаратов получил название «глайдеры». Их принципиальная особенность это - способность осуществлять летательное движение под действием разности сил веса и изменяемого водоизмещения, перемещая, при этом, контейнер с измерительной океанологической аппаратурой в толще океанской воды.

Наш проект имеет целью создание действующих макетов носителей для океанологических глайдеров, сравнимых по конструкции и свойствам рабочих тел. В результате сравнительного анализа экспериментальных данных испытаний макетов предполагается получить рекомендации для дальнейшего использования разработки в масштабных проектах океанологических исследований и внедрения в океанологическую практику. Это позволит вести автоматически, и потому сравнительно дёшево, мезомасштабные измерения распределений гидрологических, гидрофизических, гидрохимических и других океанологических параметров в океане аппаратами типа «океанологический глайдер».

В отличие от известных решений (Slocum и Spray) в данном проекте используются рабочие тела на основе низкокипящих жидкостей типа фреонов в области фазовых переходов, что позволит значительно

повысить эффективность процесса теплопередачи от среды рабочему телу [3].

Предполагается использовать высокоэффективные способы управления изменением водоизмещением, основанном на комбинации гидроаккумуляторов и пластичной плавучести [4], а так же способ и устройство управления дифферентом подводного аппарата путём управления положением центра тяжести и центра величины дифферентующего модуля носителя [5].

Кроме того, предполагается в качестве дополнительного источника энергии использовать комбинированные способы вторичного энергонакопления и регенерации энергии за счёт дополнительных преобразующих устройств взаимодействующих с океанской воды.

Литература.

1. Комаров В.С., Серых В.Я. Мультипараметрическая система измерения гидрофизических параметров. Патент РФ №2350934, 09.01.07г.
2. http://www.prorobotics.ru/statji_1.asp, Эксперимент по программе «Адаптивный контроль и прогноз», 2006-7 гг.
3. Комаров В.С., Морозов А.К. Способ и устройство перемещения по глубине подводного аппарата с использованием температурного градиента морской среды. Патент РФ №2124457, 06.01.98г.
4. Комаров В.С. Ястребов В.С/ Способ управления плавучестью подводного аппарата и устройство для его осуществления. АС СССР №1619102, 26.07.87г.
5. Комаров В.С.. Способ проектирования управляемости подводного аппарата. Заявка на патент РФ №2007141792/045768, 14.11.07г.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ МОРЯ.

Комаров В.С.

Учреждение Российской академии наук Институт океанологии Им. П.П.
Ширшова(ИО РАН),
117851, Нахимовский пр-кт, 36, т. 4991256388, kvs@ocean.ru .

In the present work the following stage of development of techniques level measurements based on contactless measurement of level concerning coastal reference bases is considered. Therefore development and improvement effective and not expensive devices for monitoring of a sea level within the limits of the general climatic measurements and special measurements within the limits of global international programs is very important.

Важность измерений уровня моря не нуждается в обосновании, как с точки зрения безопасности прибрежных районов, так и в аспекте среднесрочного прогноза глобальных климатических изменений. В этой связи представляется весьма актуальным разработка и усовершенствование эффективных и не дорогих устройств для мониторинга уровня моря в рамках общих климатических измерений и специальных измерений в рамках глобальных международных программ.

Интерес к величине уровня моря возник со времён начала судоходства. По мере развития технологических и технических возможностей усовершенствовались и уровневые измерения. На смену механическим поплавковым и магнитомеханическим со вторичными преобразователями [1] пришли погружные гидростатические измерители на основе высокоточных тензодатчиков со встроенным

микроконтроллером и температурной компенсацией [2]. Не сложный пересчёт с учётом барометрического давления позволяет получать информацию об уровне моря по кабелю или радио модему в режиме реального времени.

В настоящей работе рассмотрен следующий этап развития техники уровневых измерений основанный на бесконтактном измерении уровня относительно береговой реперной базы, определённой относительно земного измерительного геоида. Такие измерения не содержат механических инерционных потерь точности измеряемой величины и не подвержены собственным колебательным. Непосредственные измерения, основанные на базе: лазерных, радиоволновых, радарных и ультразвуковых методов имеют высокую точность (миллиметры и доли миллиметров). Актуальность точных измерений особенно возросла в последнее время с развитием глобальных координатных спутниковых систем таких, как GLONASS и GPS, как средства верификации и независимой калибровки высокочастотных спутниковых радиовысотометров, которые, в свою очередь, служат средством мониторинга динамических уровневых процессов в океане в связи с глобальным потеплением и таянием ледовых запасов у земных полюсов.

Приведён обзор известных и развивающихся технических средств измерения уровня моря. Дан сравнительный анализ предпочтительных контактных и бесконтактных измерителей уровня. Показано, что наиболее распространённый из контактных методов измерения уровня, путём измерения гидростатического давления, значительно более трудоёмки и менее точны. Они требуют пересчёта и учёта изменяющегося атмосферного давления и параметров воды, которые тоже необходимо измерять и учитывать в расчётах. Точность прямых – не контактных методов сводится к определению геометрического положения поверхности раздела вода-воздух. Она ограничена лишь длиной используемой электромагнитной волны в оптическом, радио или ультразвуковом диапазоне. Эти методы свободны от температурной зависимости воды и её состава, не требуют гидростатической герметизации и прочного бароустойчивого корпуса, многие из них выпускаются изготовителями для других целей и сертифицированы. Ультразвуковые приборы, однако, зависят от температуры окружающего

воздуха, которой определяется скорость звука, но эта зависимость не так значительна в диапазоне измеряемых величин (сантиметры и первые метры).

Многие из этих приборов имеют высокую точность (1,5-2 мм) при достаточно большом диапазоне измеряемых величин (10 - 60м) и предназначены для бытовых целей. (Например лазерные дальномеры: Leica Disto A2, Bosh DLE и др.) Промышленные образцы как радарно-волноводные (сери 3300, k-Tek 2000; -5000; -5200 и др.) ограничены длиной волновода, хотя имеют высокую точность и удобный выход. Наибольший интерес представляют радиолокационные измерители такие как: УЛМ-11;-31, «Барс» и др. и лазерные уровнемеры в ИК-диапазоне такие как: УДЛ-01, «Лазурь-2», ЛУ-02, LM80, LM2D и др. Эти уровнемеры имеют аналоговый и цифровой выход с интерфейсом в стандарте RS485/232, высокую точность и широкий диапазон измеряемой величины (десятки метров). Они могут работать в диапазоне температур -50 - +50 °С и сопрягаться с радиоканалом посредством модема.

Ультразвуковые приборы не конкуренты лазерным и радиолокационным, хотя, они могут использоваться в ряде случаев в качестве притоппленных уровнемеров.

Как правило, радиоволновые, радарные и лазерные измерители снабжены собственным микроконтроллером с интерфейсом в стандарте RS-485 или RS-232, а также модемом и способны передавать измерения по кабелю или радиоканалу.

Литература.

1. Степанюк И.А. Океанологические измерительные преобразователи Гидрометеиздат, Л., 1986г, с.195 – 229.

2. Бадулин С.И., Комаров В.С., Серых В.Я. Особенности проектирования измерителей уровня моря с использованием датчика давления. Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов белого моря. Материалы X Международной конференции. 2007г, с. 12- 15.

