

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ТИХООКЕАНСКИЙ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМ. В.И. ИЛЬЧЕВА
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
VII КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

16–20 мая 2016 года

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

ВЛАДИВОСТОК
2016

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ТИХООКЕАНСКИЙ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМ. В.И. ИЛЬИЧЕВА
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК**

**V.I. IL'ICHEV PACIFIC OCEANOLOGICAL INSTITUTE
FAR EASTERN BRANCH
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCE**

ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

**VII конференция молодых ученых
16 - 20 мая 2016 г.
г. Владивосток, Россия**

Материалы конференции

**OCEANOGRAPHIC RESEARCH
VII Young Scientists Conference
May 16 – 20, 2016, Vladivostok, Russia**

Proceedings

**Владивосток
Дальнаука
2016**

УДК 551.46.+551.585.1+577.1+551.35+550.4 (265)

Океанологические исследования: материалы VII конференции молодых ученых, 16 – 20 мая 2016 г., Владивосток, Россия. – Владивосток: Дальнаука, 2016. – 233 с.

ISBN 978-5-8044-1594-6

В сборнике материалов конференции представлены результаты исследований молодых ученых и специалистов РАН и отраслевых институтов, аспирантов и студентов российских ВУЗов. Рассматривается широкий круг вопросов океанологии, геофизики, геохимии, экологии и биоресурсов морей Мирового Океана, включая современные информационные технологии, методы и технические средства исследования океана.

Сборник рассчитан на широкий круг специалистов в области наук о Земле.

Конференция проводится при финансовой поддержке
РФФИ проект № 16-35-10103 мол_г

Утверждено к печати ученым советом Федерального государственного бюджетного учреждения науки Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук (ТОИ ДВО РАН)

Oceanological research: proceedings of the VII young scientists conference, May 16 – 20, 2016, Vladivostok, Russia. – Vladivostok: Dalnauka, 2016. – 233 p.

The conference proceedings present the results of research obtained by young scientists of Russian Academy of Sciences and industry institutions as well as post-graduates and students of the Russian Universities. A wide range of questions of oceanography, geophysics, geochemistry, ecology and biological resources of the World Ocean are studied, including the state-of-the-art information technologies, methods and ocean exploration tools. The proceedings of conference are offered for all those who are interested in Earth science.

ISBN 978-5-8044-1594-6

© ТОИ ДВО РАН, 2016 г.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Председатель оргкомитета

научный руководитель ТОИ ДВО РАН
академик *Виктор Анатольевич Акуличев*

Ученый секретарь

к.г.н. *Нина Ивановна Савельева*

Секретари оргкомитета:

к.г.н. *Юрий Павлович Василенко*
к.г.-м.н. *Мария Сергеевна Обрезкова*
Елена Александровна Янченко
Михаил Константинович Пичугин

Председатели секций:

к.г.н. *Вячеслав Борисович Лобанов*
д.ф.-м.н. *Сергей Владимирович Пранц*
д.г.н. *Андрей Григорьевич Андреев*
д.г.-м.н. *Руслан Григорьевич Кулинич*
д.г.-м.н. *Сергей Александрович Горбаренко*
д.г.-м.н. *Ира Борисовна Цой*
д.б.н. *Виктор Павлович Челомин*
д.х.н. *Павел Яковлевич Тищенко*
д.т.н. *Юрий Николаевич Моргунов*
к.т.н. *Александр Анатольевич Тагильцев*

Материалы конференции публикуются в авторской редакции

Составители:

Елена Александровна Янченко
к.г.-м.н. *Мария Сергеевна Обрезкова*

СОДЕРЖАНИЕ

40 лет конференции молодых ученых Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева: от истоков к традиции 11

СЕКЦИЯ 1

Океанология, физика океана и атмосферы 17

А.В. Баранюк, О.Я. Катаманова. Тропические циклоны над Тихим океаном по данным спутникового микроволнового зондирования в 2014-2015 г. 17

А.С. Важова. Вентиляция придонными шельфовыми водами промежуточного слоя Охотского моря 19

П.В. Журавлев. Численное моделирование влияния пограничного слоя на эволюцию вихревых структур 21

О.Я. Катаманова, А.В. Баранюк. Алгоритм обнаружения центра тропического циклона и оценка его интенсивности по данным спутникового микроволнового зондирования 22

К.К. Кивва. Пространственно-временная изменчивость полей биогенных элементов в Беринговом море 25

Д.А. Космач, А.В. Куриленко, Д.В. Черных, К.П. Щербакова. Метан в поверхностных водах окраинных морей северной Евразии в первой декаде 21 века 28

В.С. Кочергин, С.В. Кочергин. Вариационная идентификация входных параметров модели переноса примеси по данным измерений 31

Е.А. Кукаренко. Использование данных всемирной сети локализации гроз в исследовании мезомасштабной структуры тропических циклонов 34

Е.В. Медведев. Современное состояние карбонатной системы северной части глубоководной зоны Черного моря по данным натуральных наблюдений 38

В.О. Муравья. Исследование вихревой активности в Баренцевом море по спутниковым данным 41

М.К. Пичугин. Межгодовая изменчивость холодных вторжений над Японским морем	44
<u>Е.А. Рыжов</u>, Д.В. Овчаренко. Квази-периодическая динамика изолированного вихря около границы с округлой выемкой	47
А.Н. Самченко. Низкочастотные гидроакустические исследования в заливе Посьета Японского моря	49
<u>М.В. Сендеров</u>, А.И. Мизюк, Г.К. Коротаев. Особенности горизонтальной изменчивости температуры поверхности Черного моря по результатам моделирования с высоким пространственным разрешением	50
<u>И.И. Усольцев</u>, Т.Р. Кильматов, А.Н.Вражкин. Моделирование траектории движения дрейфтера на поверхности Охотского моря по данным полей ветра и альтиметрии	52
Е.С. Хазанова. Оценка площади льда по спутниковым данным	56
К.П. Щербакова. Первые результаты исследования изотопного состава метана в водах Восточно-Сибирского моря	57
В.Е. Ячменёв. Инструментальные измерения сильных штормов на Южных Курильских островах	59
СЕКЦИЯ 2	
<i>Геология, геофизика и геохимия океана</i>	62
К.И. Аксентов, <u>А.В. Алаторцев.</u> Криптитефра в донных отложениях Амурского залива	62
Л.Н. Василенко. Миоценовые радиолярии из отложений подводного хребта Витязь (островной склон Курило-Камчатского желоба)	65
<u>Ю.П. Василенко</u>, Е.А. Янченко, А.А. Босин, С.А. Горбаренко. Особенности ледовой седиментации в центральной части Охотского моря во время МИС 3 (28-59 тыс. лет назад)	68
Л.Е. Васильева. Междисциплинарные исследования археологического памятника Реаль-Альто (провинция Санта-Елена, Эквадор) в 2014 и 2015 гг.	72
А.Л. Веникова. Газогеохимические исследования Дагинской гидротермальной системы	75

- А.В. Артёмова, А.С. Владимиров.** Видовой состав диатомовых водорослей Северо-Западной части Тихого океана в позднем голоцене (колонка 63-41-2) 77
- К.И. Гуров, Е.И. Овсяный, С.К. Коновалов.** Накопление органического вещества в донных отложениях морских акваторий, подверженных антропогенной нагрузке (на примере Севастопольских бухт, Черное море) 80
- А.Ю. Жуковин, В.М. Никифоров, Г.Н. Шкабарня.** Выделение глубинных разломов на о. Сахалин по данным магнитотеллурических зондирований 83
- С.А. Зверев, А.С. Теличко.** Аномальное магнитное поле Гамовского каньона (залив Петра Великого, Японское море) 86
- М.В. Иванов.** Особенности геохимии ртути в донных осадках Арктических и Дальневосточных морей 88
- К.Ю. Крамчанин.** Сравнительный анализ металлогенических особенностей гранит-риолитовых формаций Южного Приморья 91
- Е. Н. Мальшева** Сфинктозоа в органогенных известняках на юге Приморья 94
- П.Е. Михайлик, Е.В. Еловский, Е.В. Михайлик, М.Г. Блохин.** Распределение редкоземельных элементов и иттрия в донных осадках котловины Дерюгина в районе Баритовых гор 96
- Ю.В. Новосёлова, С.А. Горбаренко.** Климатические изменения в Японском море и на прилегающей суше по результатам спорово-пыльцевого анализа глубоководных отложений 100
- М.С. Обрезкова.** Диатомеи плейстоцен-голоценовых отложений губы Буор-Хая моря Лаптевых 102
- А.К. Окулов, А.К. Окулов, Ю.А. Телегин.** Газоносность залива Петра Великого 105
- Н.А. Орехова.** Распределение сульфидов в донных отложениях Черного моря 107
- Н.С. Полоник, О.В. Борзова.** Исследование качественного состава углеводов донных отложений газогидратоносных участков Охотского и Японского морей методом хромато-масс-спектрометрии 110

А.А. Пугачев. Метаморфические породы острова Аскольд	114
И.А. Прушковская. Диатомовая флора позднего голоцена Амурского залива Японского моря	116
Н.Л. Соколова. Газовые гидраты и аномальные поля метана в Татарском проливе Японского моря и в Охотском море	118
Е.Н. Суховеев. Осадочные волны на западном склоне котловины Дерюгина и шельфе о. Сахалин	120
<u>А.С. Теличко</u>, С.А. Зверев. Геомагнитные исследования юго-западного побережья и акватории залива Петра Великого	123
<u>Е.А. Янченко</u>, С.А. Горбаренко. Отклик радиоларий на глобальные орбитальные и тысячелетние осцилляции климата и среды Охотского моря в позднем плейстоцене и голоцене	126
Е.А. Лопатников, <u>Е.И. Ярошук</u>. Сравнительный анализ антропогенного загрязнения тяжелыми металлами Амурского залива и залива Восток	129
СЕКЦИЯ 3	
<i>Экология океана. Биоресурсы океана</i>	132
А.А. Альшанский, В.Н. Кулепанов. Подходы к рациональному природопользованию в прибрежье Приморья	132
<u>Ю.А. Бабабаншиков</u>, П.Я. Тищенко. Карбонатная система осадков бухты Воевода и Амурского залива (о. Речной) Японское море	135
Е.С. Бортников. Количественные характеристики зараженности промысловых рыб Черного моря наиболее массовыми паразитами в 2015 г.	137
Р.В. Власенко. Промысловый моллюск <i>Mercenaria stimpsoni</i> (Bivalvia, Veneridae) в водах Приморья (Японское море)	140
<u>А.В. Войкина</u>, Л.А. Бугаев, В.А. Валиуллин, Ю.Э. Карпушина, О.В. Матюк. Пестицидное загрязнение абиотических компонентов экосистемы Азовского моря в 2015 году	143
<u>А.Ю. Данишевская</u>, О.А. Филатова. Различия в использовании косатками <i>Orcinus orca</i> (Linnaeus, 1758) межгрупповых и групп-	

специфичных типов звуков в зависимости от социальной структуры агрегации 147

Е.В. Дзюбенко, А.А. Истомина, Н.Н. Бельчева Оценка степени загрязнения морских акваторий в заливе Петра Великого (Японское море) по содержанию метаболитов полициклических ароматических углеводородов в желчи дальневосточной красноперки *Tribolodon brandtii* Dybowski, 1872 149

Т.В. Ефимова, Т.Я. Чурилова, А.И. Акимов, Н.А. Моисеева. Хроматическая адаптация микроводорослей Чёрного моря 152

И.С. Касьяненко. Мониторинг содержания элементов (As, Cd, Pb, Fe, Zn, Mn) в промысловых креветках *Pandalis borealis* и *Pandalis hipsinotus* из прибрежной части российской зоны Японского моря 155

Е.А. Ковалёв. Макробоентос Темрюкского залива Азовского моря 157

А.А. Косьяненко, Д.В. Косьяненко, П.Ю. Сёмкин. Установка и сезонный мониторинг состояния экспериментальных моделей искусственных рифов в б. Алексея о. Попова 160

Д.В. Косьяненко, А.А. Косьяненко. Щетинкочелюстные (Chaetognatha) природного заказника залива Восток 163

Е.А. Краснослободцева, Л.П.Лазарева, Е.А. Тихомирова. Оценка экологического состояния бухты Золотой Рог (залив Петра Великого, Японское море) 166

Ю.В. Кудряшова, Т.Л. Чижова. Исследование сезонной динамики загрязнения ПАУ вод залива Посъета (Японское море) 169

С.П. Кукла. Кометный анализ – универсальный метод морских экотоксикологических исследований 170

А.Е. Лапшина, Л.А. Животовский, О.В. Зеленников. Экологическая пластичность вида *Oncorhynchus keta* (Walb.) на примере сезонных рас о. Сахалин 173

В.И. Петухов, Е.А. Тихомирова, О.В. Лосев. Мониторинг загрязнения залива Углового 175

- О.А. Мазникова.** Особенности пространственного распределения чёрного палтуса *Reinhardtius hippoglossoides matsuurae* в северо-западной части Берингова моря летом 2015 г. 178
- П.А. Пермяков, А.М. Трухин.** Беспokoйство обыкновенных тюленей (*Phocidae gray, 1821*) людьми на летнем лежбище залива Пильтун (о. Сахалин) в неледовый период 2014 г. 181
- С.С. Пономарев.** Краткая биологическая и экологическая характеристика массовых видов рыб субтропического комплекса в 2015 г. 184
- С.Д. Рязанов, В.Н. Бурканов.** Послеродовой период у самок сивуча (*Eumetopias jubatus*) Командорских о-вов: связь со снижением рождаемости 187
- П.Ю. Семкин, Т.А. Михайлик, Ю.А. Барабанщиков, А.А. Косьяненко, П.П. Тищенко.** Динамика вод и подледное цветение фитопланктона в эстуарии реки Партизанской (залив Находка) 190
- Н.В. Довженко, О.М. Сеченова.** Исследование органов желудочно-кишечного тракта дальневосточного пиленгаса *Liza haematocheilus* в качестве индикатора загрязнения пластиковыми отходами 192
- П.П. Тищенко.** Первичная продукция Амурского залива в период становления гипоксии в августе 2008 г. 195
- О.А. Уланова.** Влияние морулоподобных клеток на экспрессию поверхностных рецепторов к растительным лектинам двух типов фагоцитов у голотурии *Eupentacta fraudatrix* 196
- Ю. И. Фадеева, В. Я. Кавун, В. В. Слободскова, В. П. Челомин.** Влияние наночастиц меди на образование малонового диальдегида в органах мидии Грея *Crenomytilus grayanus* (Dunker, 1853) (bivalvia: mytilidae) в условиях лабораторного эксперимента 199
- М.О. Чалиенко, Е.Н. Дробязин.** Некоторые особенности питания палевого морского ежа (*Strongylocentrotus pallidus*) в заливе Петра Великого 202
- А.А. Чеснокова, А.Ф. Жуковская.** Биомаркеры токсического воздействия наночастиц на ткани мидии тихоокеанской *Mytilus trossulus* 205

Ю.В. Шамбарова, И.Е. Степочкин, С.П. Захарков, П.А. Салюк. Первичная продукция северо-западной части Японского моря с применением спутниковых данных 208

СЕКЦИЯ 4

Информационные технологии, новые методы и технические средства исследования океана.....211

А.А. Голов, В.В. Безответных. Локализация источника акустических колебаний векторно-фазовыми методами.....211

Е. В. Еловский, П. Е. Михайлик. Сорбционные возможности смолы Lewatit TP 207 по отношению к аналитическому концентрированию (сопряженному и нет с масс-спектрометрическим с индуктивно связанной плазмой детектированием) иттрия и лантаноидов из растворов морских вод 214

У.Г. Молланова, И.С. Олейников. Апробация методик расчета прилива в численной модели океана ROMS 216

И.С. Олейников, О.В. Соколов. Оперативная технология, анализ и верификация моделирования течений по акватории Охотского моря 219

М.А. Сафронова, В.В. Малаева, В.И. Коренбаум. Исследование влияния водолазных погружений на пиковые частоты свистящих звуков форсированного выдоха 222

П.О. Харламов, И.С. Олейников. Эксперименты по моделированию гидродинамических параметров акватории Японского моря с использованием численной модели «РОМ» 225

В.И. Коренбаум, А.Е. Костив, А.Д. Ширяев, С.В. Горовой. Опыт контроля местоположения водолаза по GPS 227

Т.Д. Юнаева. Разработка системы хранения, обработки и анализа акустической информации 230

40 ЛЕТ КОНФЕРЕНЦИИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ ТИХООКЕАНСКОГО ОКЕАНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА им. В.И. ИЛЬИЧЕВА: ОТ ИСТОКОВ К ТРАДИЦИИ

Тихоокеанский океанологический институт ДВНЦ АН СССР, созданный в 1973 году Постановлением Президиума АН СССР на базе Тихоокеанского отделения Института океанологии им. П.П. Ширшова АН СССР (ИО АН СССР, ныне ИО РАН), существовавшего во Владивостоке с начала 60-х годов прошлого века, собрал в своих стенах не только выдающихся ученых того времени, но и молодых, амбициозных, подающих надежды выпускников ведущих ВУЗов страны. Спустя три года, руководством Института во главе с д.ф.-м.н. Виктором Ивановичем Ильичевым (звание члена-корреспондента АН СССР он получил в декабре 1976 г., академика – в 1981) было принято решение о проведении первой молодежной конференции. Вскоре был сформирован организационный комитет для обсуждения текущих вопросов и направлений первой конференции. Непосредственной организацией занимался Совет молодых ученых (СМУ) Института, первым председателем которого являлся Талгат Рустемович Кильматов, в то время м.н.с. лаборатории физической океанологии.



Участники конференции во время докладов на секциях. На фотографии слева – Б.М. Шевцов (в настоящее время д.ф.-м.н., директор Института космических исследований ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский) и М.А. Соколовский (в настоящее время д.ф.-м.н., главный научный сотрудник Института водных проблем РАН, г. Москва); на фотографии справа – Т.Р. Кильматов (ныне д.ф.-м.н., профессор, зав. кафедрой океанологии и гидрометеорологии ДВФУ).

Осенью 1976 года состоялась первая конференция молодых ученых ТОИ ДВНЦ АН СССР. Мероприятие проходило под руководством директора В.И. Ильичева в помещении Института, занимавшего в то время 2 этажа здания общежития на ул. Кирова, д. 64 (два первых этажа занимала поликлиника, 5-9 этажи – общежитие сотрудников институтов ДВНЦ АН СССР). Участие в конференции приняли около двадцати молодых специалистов в различных областях науки: океанологии, геологии, химии и т.д., тем самым широкий спектр научных направлений, свойственный сегодняшней конференции молодых ученых «Океанологические исследования», был заложен с самого начала.



*Работа океанологической секции конференции молодых ученых, 1977 г.:
 А.В. Алексеев, Б.И. Резников, Т.Р. Кильматов, Б.Е. Золотов, Л.К. Крамарева, В.Б. Лобанов, В.В. Новотрясов, В.А. Соснин, В. Цой, В.П. Белоножко, К.Т. Богданов, В.В. Навроцкий, Н.П. Булгаков, О.А. Ткалич, В.И. Ильичев, Е.П. Леликов.*

Среди участников первых конференций были Б.М. Шевцов, Т.Р. Кильматов, С.В. Пранц, В.Б. Лобанов, И.Б. Цой, В.М. Чудновский и другие ученые, тогда только начинавшие свой научный путь. Сейчас трудно представить, насколько сложной и

кропотливой была работа по подготовке демонстрационного материала для доклада, ученым приходилось корпеть не только над научным содержанием, но и осваивать основы черчения и рисования. Если же столь тонкие материи никак не давались, то иллюстративный материал заказывали профессиональным чертежникам и художникам, в этом случае плакаты отличались красотой и аккуратностью. Поддержка конференции дирекцией Института подкреплялась премиальным фондом, позволившим наградить авторов отличившихся работ, занявших 1, 2 и 3 места. В ряде случаев экспертная комиссия конференции поддерживала несколько работ, достойных высокой оценки.

В дальнейшем конференции стали регулярными. В 80-х годах, когда строительство нового здания ТОИ еще не было закончено, научные встречи и совещания молодых ученых проводились в холле Тихоокеанского института географии. Несмотря на продолжающиеся в стране и АН СССР преобразования, молодежные конференции привлекали специалистов различных направлений для общения и обмена знаниями. Активному обсуждению докладов способствовала увлекательная научная атмосфера, которая создавалась и поддерживалась ведущими учеными Института: И.И. Берсеновым, К.Т. Богдановым, В.И. Ильичевым, Б.Я. Карпом, В.Ф. Козловым, У.Х. Копвиллемом, В.И. Клячкиным, Е.П. Леликовым и многими другими. Затем наступили тяжелые для науки 90-е, приток молодежи в институты практически прекратился, что и повлияло на приостановление деятельности конференции.

Новый век ознаменовался оживлением научной деятельности и появившимся у студентов ВУЗов интересом к исследовательской работе. Конференция молодых ученых, проведенная в ноябре 2001 г., получила название «Океанологические исследования». Впервые был издан сборник трудов. Конференция подытожила результаты исследований, выполненных молодыми учеными Института, позволила оценить уровень их знаний, актуальность и значимость разрабатываемых тем. Мероприятие проводилось под руководством зам. директора ТОИ ДВО РАН д.г.-м.н. Л.М. Грамм-Осипова. Председателями секций и редакторами сборника были д.г.-м.н. Р.Г. Кулинич, д.ф.-м.н. С.В. Пранц, д.г.н. А.Д. Нелезин.

В 2007 г. молодые сотрудники Института А.В. Артемова и М.С. Обрезкова, вдохновленные воспоминаниями своего научного руководителя д.г.-м.н. И.Б. Цой о первых молодежных

конференциях ТОИ, предложили руководству Института возобновить традицию. Идею поддержал директор ТОИ ДВО РАН, академик В.А. Акуличев, оказав полное содействие в проведении мероприятия. Инициативная группа активно принялась за дело, создав оргкомитет конференции из молодых сотрудников Института. Таким образом, в мае 2007 года была проведена II конференция молодых ученых ТОИ ДВО РАН «Океанологические исследования». Заседания проходили по секциям, продолжаям заданный в 1976 г. тон: 1. Океанология, спутниковая океанология и информационные технологии, 2. Физика океана, 3. Геология и геофизика океана, 4. Геохимия, экология и биология океана. На конференции выступили 84 молодых ученых, работающих в ТОИ.



Академик В.А. Акуличев на заседании океанологической секции, 2007 г.

Мероприятие прошло успешно, и было решено расширять его рамки. В 2008 г. в работе конференции принимали участие молодые ученые не только нашего Института, но и ИБМ, ИАПУ, ДВГИ ДВО РАН, ДВГТУ, ДВГУ и МГУ им. Г.И. Невельского. В 2009, в 2011 и в 2013 гг. количество участников превысило 100, конференция стала региональной. Как и в далеком 1976 г., лучшие доклады отмечаются грамотами и премиями.



Коллективная фотография участников V конференции молодых ученых «Океанологические исследования», ТОИ ДВО РАН, 2011 г.



Участники VI конференции «Океанологические исследования» на экскурсии в кампус ДВФУ, 2013 г.

В текущем году Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева проводит VII конференцию молодых ученых

«Океанологические исследования». Это событие отражает впитанные десятилетиями успехи, опыт, усилия, инициативу вот уже двух поколений ученых ТОИ ДВО РАН. Осознание причастности к продолжению этой традиции создает в коллективе нынешнего оргкомитета особую атмосферу, которой мы с удовольствием делимся с Вами. Несмотря на все изменения, происходящие в Российской академии наук в последние годы, ключевая задача конференции на протяжении всех лет существования остается прежней: поддерживать научные исследования молодых ученых и развивать интерес к научному творчеству. Мы искренне верим, что и в будущем наша конференция будет служить этой важной цели.

Желаем удачи во время выступления на нашей конференции!

Оргкомитет выражает благодарность С.В. Пранцу, М.А. Соколовскому и А.Н. Колеснику за предоставленные фотографии; Т.Р. Кильматову за содержательные воспоминания об общественной и научной жизни ТОИ 1970-х годов. Также крайне признательны директору ТОИ ДВО РАН В.Б. Лобанову, ученому секретарю Н.И. Савельевой, сотрудникам института А.В. Артемовой, Н.К. Вагиной, Г.А. Власовой, Н.П. Карман, А.А. Марьяш, В.В. Мороз, Л.М. Митнику, В.Т. Съедину, И.Б. Цой и многим другим, беседы с которыми были крайне ценными при подготовке материала.

Материал подготовлен секретарями оргкомитета конференции
к.г.-м.н. М.С. Обрезковой и М.К. Пичугиным

СЕКЦИЯ 1 *Океанология, физика океана и атмосферы*

ТРОПИЧЕСКИЕ ЦИКЛОНЫ НАД ТИХИМ ОКЕАНОМ ПО ДАНЫМ СПУТНИКОВОГО МИКРОВОЛНОВОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В 2014-2015 г.

А.В. Баранюк, О.Я. Катаманова

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, vykochko@poi.dvo.ru

Тропические циклоны (ТЦ) выделяются среди опасных природных явлений, сопровождаемые человеческими жертвами и большим экономическим ущербом. Существенный вклад в обнаружение, оценку параметров, прогноз интенсивности и траектории ТЦ вносят данные спутникового микроволнового (МВ) зондирования, как пассивного (радиометры), так и активного (различного вида радары) [1, 2]. Спутниковые МВ радиометры измеряют яркостную температуру $T_y(f)$ уходящего излучения Земли на различных частотах f на одной или нескольких поляризациях в полосе шириной 885 - 2200 км. По $T_y(f)$ на частотах сканера осуществляется мониторинг перемещения и структуры ТЦ. При перемещении ТЦ восстанавливаются поля паросодержания атмосферы V , водозапаса облаков Q , интенсивность осадков R , скорость приводного ветра W и температура поверхности океана (ТПО) t_o , необходимые при прогнозах и в оперативной деятельности. По измерениям на частотах МВ зондирующего восстанавливаются вертикальные профили температуры и влажности воздуха. В работе рассмотрены структура и поля параметров в ТЦ над Тихим океаном за 2014-2015 гг. Основными источниками данных о ТЦ были МВ радиометры AMSR2 на спутнике Японии GCOM-W1, ATMS и GMI на спутниках США Suomi NPP и GPM, соответственно, и МТВ3А-ГЯ на спутнике России Метеор-М №2. Эволюция ТЦ прослеживалась также по видимым и инфракрасным изображениям облачности. Восстановленные по данным МВ радиометров поля параметров атмосферы и океана сопоставлялись с данными скаттерометров (ветер), радара DPR (Dual-frequency Precipitation Radar), работающего на частотах 13.6 и 35.5 ГГц (осадки), с картами радиолокационной отражаемости по измерениям доплеровских радаров на побережье, радиозондов (паросодержание атмосферы), с синоптическими картами и с другой доступной информацией. По

измерениям радиометров ATMS и МТВЗА-ГЯ на частотах в области поглощения кислорода (52-57 ГГц) оценивалась тепловая аномалия в ядрах ТЦ [3, 4, 5, 6, 7]. По экспериментальным данным и результатам моделирования исследована зависимость регистрируемой амплитуды аномалии от характеристик сенсора (частот зондирования, пространственного разрешения) и от параметров ТЦ (давления в центре, размера глаза и др.). Важным дополнительным источником количественных сведений о ТЦ могут быть данные радара CPR (Cloud Precipitation Radar) на спутнике Cloudsat, что следует из сопоставления измерений с этого спутника через глаз ТЦ Dolphin с полями облачности и водяного пара по данным VIIRS со спутника Suomi NPP и AMSR2.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта 15-1-1-009 о программы «Дальний Восток» на 2015–2017 гг. и соглашения ТОИ ДВО РАН с Японским аэрокосмическим исследовательским агентством JAXA.

Литература

1. Митник Л.М., Митник М.Л. Погодные системы над океаном: исследование с использованием спутниковых микроволновых радиометров, РЛС с синтезированной апертурой и скаттерометров // СПб, 2005. С. 423-429.
2. Katsaros K.B., Mitnik L.M., Black P. Microwave Instruments for Observing // Typhoon Impact and Crisis Management. Springer, 2014. P. 5-61.
3. Kidder S.Q., Goldberg M.D., Zehr R.M., Grody M., Kusselson S.J. Satellite analysis of tropical cyclones using the Advanced Microwave Sounding Unit (AMSU) // Bull. Amer. Meteorol. Soc., 2000. Vol. 81. P. 1241-1259.
4. Mitnik L.M., Mitnik M.L. Tropical cyclone warm core as observed from the ADEOS-II Advanced Microwave Scanning Radiometer // IGARSS'07, Barcelona, Spain, July 23-27, 2007.
5. Rosenkranz P. W., Staelin D.H., Grody N.C. Typhoon June (1975) viewed by a Scanning Microwave Spectrometer // J. Geophys. Res., 1978. Vol. 3, №. C4. P. 1857-1868.
6. Zhu T., and Weng F. Hurricane Sandy warm-core structure observed from advanced Technology Microwave Sounder // Geophys. Res. Lett., 2013. Vol. 40, 3325–3330. doi:10.1002/grl.50626
7. Weng F., Zou X., Wang X., Yang S., and Goldberg M. D. Introduction to Suomi national polar-orbiting partnership advanced technology microwave sounder for numerical weather prediction and tropical cyclone applications // J. Geophys. Res., 2012. Vol. 117, Issue D19112, doi:10.1029/2012JD018144.

ВЕНТИЛЯЦИЯ ПРИДОННЫМИ ШЕЛЬФОВЫМИ ВОДАМИ ПРОМЕЖУТОЧНОГО СЛОЯ ОХОТСКОГО МОРЯ

А.С. Вазова

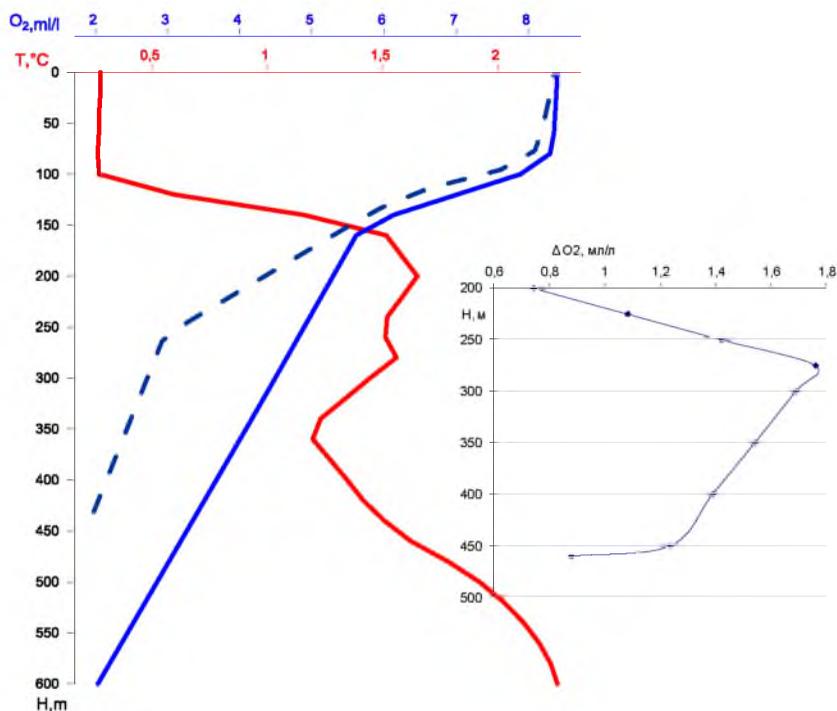
*Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр, г.
Владивосток, anna.vazhova@gmail.com*

Рассмотрен процесс вентиляции промежуточных вод Охотского моря интрузиями высокплотных донных шельфовых вод, формирующихся при льдообразовании, которые после сползания с шельфа распространяются внутри верхнего слоя промежуточных вод в виде второго минимума температуры, с целью оценки возможности влияния этого процесса на кислородсодержание Северотихоокеанской промежуточной водной массы. Для этого выделили районы моря, где в промежуточном слое наблюдался второй минимум температуры, рассчитали толщину слоя температурной инверсии и определили «степень вентиляции», показывающую на сколько повысилось содержание кислорода в результате вентилирования. В работе были использованы данные, полученные в ходе научно-исследовательского рейса на НИС «Профессор Кагановский» весной 2015 г (апрель-май). В шельфовой зоне было сделано более 300 гидрологических станций и 170 гидрохимических станций.

Определены станции, где наблюдался второй минимум температуры в промежуточном слое. Для этого рассматривали отклонения на фоне скоплений TS-кривых на T,S-диаграммах, построенных для слоя 200-500 метров (верхний промежуточный слой, в котором распространяется интрузия шельфовых вод). Далее по профилям выявленных станций рассчитывали толщину слоя второго минимума температуры и разницу в содержании растворенного кислорода с близлежащими станциями, где влияние шельфовых вод на промежуточный слой не было обнаружено. Оказалось, что вентиляция придонными шельфовыми водами промежуточного слоя глубоководной части Охотского моря происходит вдоль кромки шельфа в центральной и северо-восточной части моря. Толщина слоя второго минимума температуры на выявленных станциях колебалась от 150 до 200 м с ядром интрузии шельфовых вод примерно на горизонте 275–325 м ($T \sim 1,0 - 1,2^{\circ}\text{C}$, диапазон плотности 26,75 – 26,80 σ_t).

Разница в содержании растворенного кислорода в ядре этого слоя, в сравнении с близлежащими станциями, где интрузия не

наблюдалась, составила от 0,8 до 1,8 мл/л. На станциях, расположенных в области банки Кашеварова в северо-восточной части Охотского моря, интрузия шельфовых вод в промежуточный слой не наблюдалась, вследствие апвеллинга. На станциях, сделанных на восточном склоне о. Сахалин, ядро интрузии шельфовых вод находилось за пределом съемки. Вероятно, вентиляция шельфовыми водами промежуточного слоя Охотского моря может оказывать влияние на Северотихоокеанскую промежуточную водную массу и увеличивать в ней содержание растворенного кислорода.



Пример профилей температуры и растворенного кислорода для станции с интрузией шельфовых вод в промежуточный слой (пунктиром показано содержание растворенного кислорода на станции, где интрузия не наблюдалась) и график разницы содержания растворенного кислорода.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ НА ЭВОЛЮЦИЮ ВИХРЕВЫХ СТРУКТУР

П.В. Журавлев

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, pahannich@gmail.com

Известно, что крупномасштабные, синоптические и мезомасштабные потоки в атмосфере можно считать квазидвумерными и для их исследования широко используется уравнение вихря, описывающее движение несжимаемой вязкой жидкости в квазидвумерном приближении во вращающейся системе координат [1,2]. До конца не решенным вопросом при этом является корректное описание влияния трения о подстилающую поверхность. Часто в двумерном уравнении вихря трение о поверхность учитывается введением члена пропорционального относительной завихренности, который соответствует релеевскому трению в уравнениях движения или параметризации пограничного слоя через «экмановскую накачку». Однако такой учет пограничных слоев является чрезмерно упрощенным и при его использовании могут быть потеряны важные черты реальных синоптических и мезомасштабных потоков.

Цель работы – продемонстрировать подходы к параметризации влияния трения пограничного слоя в баротропном уравнении вихря. Эффекты пограничного слоя включались дополнительными членами в уравнении вихря. Самая простая модель – использование квадратичного трения о подстилающую поверхность. Более сложная модель включает нелинейные эффекты и трение из модели экмановского слоя и дополняется квадратичным трением. Третий вариант использует для пограничного слоя модель перемешанного слоя.

Проведен ряд численных экспериментов, в которых уравнение вихря решалось конечно-разностным методом в квадратной области на равномерной сетке с двойными периодическими граничными условиями. Интегрирование по времени проводилось методом Адамса-Бэшфорта второго порядка, а для якобиана использована схема Аракавы четвертого порядка точности. Для нахождения функции тока по полю завихренности решалось уравнение Пуассона прямым методом. Начальное поле завихренности задавалось в виде кольцевого вихря с параметрами близкими к тем, которые характерны для тропических циклонов.

Результаты численных экспериментов, представленные в виде полей вихря, демонстрируют влияние различных параметризаций пограничного слоя на структуру и эволюцию начального вихря.

Литература

1. Козлов В.Ф., Гурулев А.Ю. Об одном нелинейном механизме формирования циклон-антициклонной асимметрии в океане // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 1992, т. 28, № 4, с. 406-415.
2. Маликова Н.П., Пермяков М.С. Влияние экмановского пограничного слоя на эволюцию вихревых образований // Известия РАН. Механика жидкости и газа. 2010. № 6. С. 90-93.

АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ ЦЕНТРА ТРОПИЧЕСКОГО ЦИКЛОНА И ОЦЕНКА ЕГО ИНТЕНСИВНОСТИ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОГО МИКРОВОЛНОВОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

О.Я. Катаманова, А.В. Баранюк

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, ovakat@mail.ru

Тропические циклоны (ТЦ) являются одним из наиболее опасных природных явлений, которые сопровождаются человеческими жертвами и приводят к большому экономическому ущербу. Важной проблемой является точное определение положения центра ТЦ и оценка его интенсивности (давления в центре и скорости ветра). Определение координат центра по спутниковым видимым и ИК изображениям на ранних стадиях развития ТЦ и в ситуациях, когда глаз ТЦ прикрыт облачностью, крайне затруднено. В таких случаях могут быть использованы данные микроволновых радиометров. Был разработан метод автоматического определения центра ТЦ по измерениям усовершенствованного микроволнового зондировщика ATMS со спутника Suomi NPP и радиометра МТВЗА-ГЯ со спутника Метеор-М № 2 на частотах в полосе поглощения кислорода.

Характеристикой интенсивности ТЦ служит амплитуда тепловой аномалии – разность температур воздуха между центром $T_{ц}(h)$ и невозмущенной областью $T_{п}(h)$ (периферией), где h – высота над поверхностью океана. Максимальное значение тепловой аномалии $\Delta T(h) = T_{ц}(h) - T_{п}(h)$ наблюдается на высотах $h = 10-13$ км

[1, 2, 3], но для некоторых циклонов максимум располагается ниже [4]. Важно подчеркнуть, что горизонтальный размер аномалии максимален в интервале высот, где максимальна величина $\Delta T(h)$. На больших и меньших высотах амплитуда аномалии может быть значительной, но ее горизонтальный размер уменьшается, что затрудняет оценку амплитуды аномалии, если ширина диаграммы направленности антенны спутникового микроволнового (МВ) радиометра превышает ее размер. Вертикальный профиль температуры $T(h)$ может быть восстановлен из измерений яркостных температур $T_{\text{я}}(\nu)$ на частотах ν в области полосы поглощения молекулярного кислорода 50-70 ГГц. Спутниковые измерения в этом диапазоне начались в 1980 г. и в настоящее время выполняются со спутников Suomi NPP, FY-3, NOAA, спутников DMSP 5D-3 F17, F19.

Разработанный алгоритм для автоматического поиска центра ТЦ и определения тепловой аномалии ТЦ по данным спутниковых МВ зондировщиков ATMS и МТВЗА-ГЯ реализован на языке программирования Matlab. В качестве входных параметров используются яркостные температуры на частотах 54.4, 54.94 и 55.5 ГГц для ATMS и 53.8 и 54.64 ГГц для МТВЗА-ГЯ. Данные были предоставлены сервисом CLASS NOAA <http://www.nsof.class.noaa.gov> (ATMS) и НТЦ «Космонит» ОАО «Российские космические системы» (МТВЗА-ГЯ). В процессе выполнения программы определяется пиксель с максимальным значением яркостной температуры ($T_{\text{ямакс}}$) на частотах $\nu = 54.94$ ГГц (ATMS) и 54.64 ГГц (МТВЗА-ГЯ). Тепловая аномалия $\Delta T_{\text{я}}$ регистрируется, если разность между $T_{\text{ямакс}}$ (яркостной температурой в центре ТЦ) и средней яркостной температурой фона ($T_{\text{яфон}}$), превышает 3 СКО (среднеквадратичное отклонение) $T_{\text{яфон}}$. Далее проверяются значения $\Delta T_{\text{я}}$ на близких частотах и выбирается максимальное из них.

После обнаружения центра ТЦ и регистрации тепловой аномалии строятся сечения через теплое ядро ТЦ вдоль и поперек направления полета спутника (по 40 пикселей в каждую сторону). В файлы выходных данных записываются данные о дате и времени получения изображения, координаты центра ТЦ, $T_{\text{ямакс}}$, $T_{\text{яфон}}$ и $\Delta T_{\text{я}}$ на выбранной частоте.

Данные радиометра МТВЗА-ГЯ во время подготовки работы не были прокалиброваны, и поэтому определение тепловой аномалии выполнялось по антенным температурам. Приращение

антенных температур МТВЗА-ГЯ было меньше, чем приращение яркостных по данным ATMS, что также объясняется отличием геометрии зондирования и шумов радиометра.

Предлагаемая методика была применена к 60 ТЦ, которые на различных стадиях развития наблюдались над Тихим и Атлантическим океанами в 2012-2015 гг. Для анализа было отобрано 146 случаев зондирования ТЦ, которые находились в центральной части полосы обзора ATMS, ограниченной диапазоном углов визирования $\theta \leq 22^\circ$. Для оценки связи давления в центре ТЦ – основного параметра, характеризующего интенсивность ТЦ, с величиной тепловой аномалии были найдены коэффициенты линейной регрессии в уравнении $\Delta P_{\text{ц}} = f(\Delta T_{\text{я}})$, где $\Delta P_{\text{ц}} = 1005 - P_{\text{ц}}$ – падение давления в центре ТЦ относительно 1005 мб.

$$\Delta P_{\text{ц}} = 10.503\Delta T_{\text{я}} + 1.75$$

Корреляция между $\Delta P_{\text{ц}}$ и $\Delta T_{\text{я}}$ составила 0.85

Также была реализована возможность восстановления вертикального профиля температур сечения через центр ТЦ по данным зондировщика ATMS на частотах в полосе поглощения кислорода.

Литература

1. Mitnik L.M., Mitnik M.L. Tropical Cyclone Warm Core as Observed from the ADEOS-II Advanced Microwave Scanning Radiometer // Proceedings of IGARSS 2007, Barcelona. P. 4908–4911.
2. Mitnik M.L., Mitnik L.M. Oxygen Channels of ADEOS-II AMSR: Comparison of the Measured and Simulated Brightness Temperatures // Proceedings of 31st ISRSE, St. Petersburg. <http://www.isprs.org/publications/related/ISRSE/html/papers/908.pdf> (2005b).
3. Kidder S.Q., Goldberg M., Zehr R., DeMaria M., Purdom J.F.W., Velden C.S., Grody N.C., Kusselson S.J. Satellite Analysis of Tropical Cyclones Using the Advanced Microwave Sounding Unit (AMSU) // Bull. Amer. Meteor. Soc. 2000. V. 81. No. 6. P. 1242–1259.
4. Liu A.K., He S., Pan Y., Yang J. Observations of Typhoon Eye Using SAR and IR Sensors // International J. Remote Sensing, 2014. V. 35. No. 11–12. P. 3966–3977.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОЛЕЙ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В БЕРИНГОВОМ МОРЕ

К.К. Кивва

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, г. Москва, kirill.kivva@gmail.com

Высочайшая продуктивность Берингова моря (в разных регионах общая первичная продукция оценивается в 200-400 [1] и даже 700 г С м⁻² год⁻¹, [6]) связана с рядом океанологических особенностей региона. Берингово море служит одним из поворотных пунктов «глобального океанического конвейера» Лаппо-Брокера: в его глубоких слоях наблюдаются наиболее высокие в Мировом океане концентрации биогенных элементов (например, [7]). Это определяет относительно высокие темпы продуцирования первичного органического вещества в море в целом и исключительно высокие темпы в некоторых его районах в частности. Кроме того, в его пределах происходят процессы физической и биохимической трансформации тихоокеанских вод, поступающих в Северный Ледовитый океан (СЛО) через Берингов пролив и во многом определяющих особенности функционирования систем СЛО. Экосистема моря поддерживает интенсивное рыболовство. Общая добыча водных биологических ресурсов США на его акватории превышает 2 млн. т (данные NOAA), а Российской Федерации – до 0.5 млн. т (данные Росрыболовства). Таким образом, Берингово море – водоем исключительного климатического, экологического и промышленного значения, и исследование его экосистем имеет важное академическое и прикладное значение.

Цель работы заключалась в выявлении закономерностей пространственно-временной изменчивости гидрохимических параметров как основы биопродуктивности Берингова моря. Поскольку сезонные или годовые временные ряды гидрохимических параметров и экспедиции с наблюдениями в одних и тех же районах в разные сезоны в Беринговом море очень редки, для достижения данной цели использовался подход объединения всех имеющихся источников информации и осреднения значений в пространстве и во времени, подобный подходу Codispoti с коллегами [2].

До настоящего времени отсутствовала какая-либо общая база данных, совмещающая в себе океанографическую информацию различных источников. В рамках данной работы такая база создана в программной среде Ocean Data View (ODV) [5]; она включила в себя следующие материалы:

- 1) данные совместных берингоморских экспедиций ВНИРО и ТИНРО 1990-1992 гг.
- 2) результаты экспедиций ТИНРО-Центра, выполненных в Беринговом море 2008-2015 гг. (в 2010 и 2012 гг. – при непосредственном участии автора) [].
- 3) данные проекта БЕРПАК, полученные с сайта Национального океанографического центра данных США (NODC: <http://www.nodc.noaa.gov/>).
- 4) данные программы BEST/BSIERP (<http://beringsea.eol.ucar.edu>).
- 5) набор данных World Ocean Dataset (WOD'13: <https://www.nodc.noaa.gov>)
- 6) данные экспедиций НИС «Мирай» (<http://www.godac.iamstec.go.jp>).

Полученная общая база гидрохимических данных прошла проверку на наличие ошибок и выпадающих значений, основанную на визуальном анализе вертикальных профилей параметров. Ошибочные значения исключались из анализа. Несмотря на возможные незначительные различия в деталях методов определений химических параметров в экспедициях различных организаций, все они основаны на одних и тех же принципах. При осреднении данных по относительно большой акватории и во времени можно ожидать, что результатом будет величина, наиболее приближенная к истинному значению.

Собранная база гидрохимических данных позволила провести экспертное районирование Берингова моря, основанное на визуальном анализе полученных сезонных карт распределения гидрохимических параметров на горизонтах 10 и 50 м летом и осенью. Кроме того, выполнялось районирование с применением кластерного анализа. Границы районов были импортированы в ODV, что позволило выделить только станции, попадающие в конкретный район. Данные выбранных по району станций были записаны в текстовый файл, обработаны по собственному алгоритму, реализованному в Fortran'90, и визуализированы в программной среде Golden Software Surfer 10.

В результате получены средние многолетние профили для каждого из районов за месяцы с апреля по ноябрь. Анализ показал, что в разных районах моря, судя по всему, процессы первичного продуцирования развиваются по-разному. Наблюдаются различия не только в темпах развития продуцирования, но и в динамике биогенных элементов относительно друг друга, что отражает различия в функционировании сообщества фитопланктона. Например, в западной глубоководной части Берингова моря наблюдается существенно более ярко выраженное цветение диатомовых водорослей, чем во внешнем районе восточного шельфа моря. Состав сообщества фитопланктона, по всей видимости, определяет соотношение потребления кремния, азота и фосфора фитопланктоном. То есть, в большинстве случаев, особенно в период «цветения» фитопланктона, потребление этих веществ фитопланктоном в Беринговом море характеризуется молярными соотношениями, отличными от классического соотношения Редфилда [3]. Это необходимо учитывать при оценке первичной продукции Берингова моря по убыли биогенных элементов [4].

Выражаю благодарность сотрудникам лаборатории промысловой океанологии ФГБНУ «ТИНРО-Центр», в 2008-2015 гг. осуществлявшим гидролого-гидрохимические работы в Беринговом море, результаты которых позволили значительно улучшить данный анализ, и лично В.И. Матвееву. Также благодарю NODC, проект BEST/BSIERP и JAMSTEC за предоставление свободного доступа к данным. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект мол_a № 16-35-00388.

Литература

1. Аржанова Н.В., Зубаревич В.Л., Сапожников В.В. Сезонные изменения запасов биогенных элементов в эвфотическом слое и оценка первичной продукции в Беринговом море // Комплексные исследования экосистемы Берингова моря. Сб. науч. трудов. – М.: из-во ВНИРО, 1995 г. С. 162-179.
2. Codispoti, L. A., V. Kelly, A. Thessen, P. Matrai, S. Suttles, V. Hill, M. Steele, and B. Light. Synthesis of primary production in the Arctic Ocean: III. Nitrate and phosphate based estimates of net community production. *Progress in Oceanography* 110. 2013. Pp.: 126-150.
3. Frigstad, Helene, Tom Andersen, Richard GJ Bellerby, Anna Silyakova, and Dag O. Hessen. Variation in the seston C: N ratio of the Arctic Ocean and pan-Arctic shelves. *Journal of Marine Systems*. 2014. 129. Pp.: 214-223.
4. Mordy, C.W., Cokolet, E.D., Ladd, C., Menzia, F. a., Proctor, P., Stabeno, P.J., Wisegarver, E. Net community production on the middle shelf of the

eastern Bering Sea. Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.2012. 65-70. Pp.: 110–125.

5. Schlitzer R. Ocean data view. 2009

6. Springer, A., McRoy, C. The paradox of pelagic food webs in the northern Bering Sea—III. Patterns of primary production. Cont. Shelf Res. 1993. 13. Pp.: 575–599.

7. Tsunogai, S., Kusakabe, M., Iizumi, H., Koike, I., Hattori, A. Hydrographic features of the deep water of the Bering Sea—the sea of silica. Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers. 1979. 26(6). Pp.: 641–659.

МЕТАН В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ ОКРАИННЫХ МОРЕЙ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ В ПЕРВОЙ ДЕКАДЕ 21 ВЕКА

**Д.А. Космач^{1,2}, А.В. Куриленко¹, Д.В. Черных¹,
К.П. Щербакова¹**

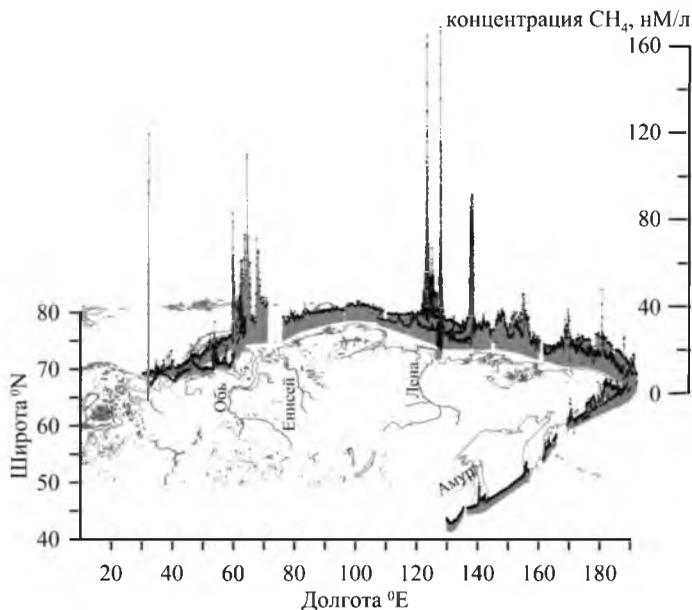
¹*ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, den-kosmach@mail.ru*

²*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск*

Данные многолетних наблюдений лаборатории арктических исследований ТОИ ДВО РАН свидетельствуют о том, что шельфовые воды морей Восточной Арктики (МВА), моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря, являются источником метана (CH₄) в атмосферу региона, что приводит к значительному повышению содержания CH₄ в приземном слое атмосферы МВА [3]. На основании результатов полученных в 2000-2009 гг. была сформулирована гипотеза о важной роли шельфа МВА в формировании планетарного атмосферного максимума CH₄, который наблюдается над Арктикой в теплые геологические эпохи. Предполагается, что массивированный выброс CH₄ из донных отложений МВА происходит в результате деградации подводной мерзлоты и дестабилизации газовых гидратов [3, 4, 5].

Цель настоящего исследования – сравнить концентрации растворенного метана в поверхностных водах морей, в которых предполагается наличие подводной мерзлоты (арктические моря: Баренцево, Карское, Восточно-Сибирское и море Лаптевых), с концентрациями метана в поверхностных водах морей (Берингово, Охотское, Японское), где подводная мерзлота отсутствует, включая моря, где были обнаружены газовые гидраты метана (Охотское море).

Для повышения эффективности и репрезентативности пространственного распределения CH_4 растворенного в поверхностных водах, была разработана и применена проточная автоматизированная система для дегазации морской воды с аналитическим окончанием на газовом хроматографе, синхронизированная в работе с системой позиционирования [1]. Автоматизация процесса, позволила добиться скорости в работе аналитического оборудования с дискретностью измерений на маршруте в 0,1 - 0,5 мили. В трех экспедициях, выполненных на борту НИС «Академик Лаврентьев» (2011) вдоль побережья северо-востока Азии, г/с «Виктор Буйнитский» (2012), и г/с «Маршал Василевский» (2015) по маршруту Северного Морского пути было выполнено более 18,5 тыс. измерений, результаты которых приведены на трехмерной диаграмме распределения.



Трехмерная диаграмма распределения метана в приповерхностном слое по маршрутам следования НИС с применением автоматической системы дегазации морской воды.

Полученные данные были разделены на четыре кластера и указаны в таблице. В первый кластер вошли МВА: концентрации растворенного CH_4 в поверхностном слое морской воды были

максимальными (до 154,1 нМ/л); при этом средние значения составили 17,6 нМ/л. Второй кластер объединил моря с высокими концентрациями метана в поверхностном слое воды (до 91,3 нМ/л), при средних значениях 11,8 нМ/л (Баренцево и Карское моря). Чукотское и Берингово моря были объединены в третий кластер: концентрации растворенного CH_4 в поверхностном слое достигали 32,9 нМ/л при средних значениях 8,1 нМ/л. Четвертый кластер составили дальневосточные моря (Охотское и Японское), в которых концентрации растворенного CH_4 достигали 16,4 нМ/л, при средних значениях 6,4 нМ/л.

Этот результат хорошо согласуется с результатами сравнительного анализа изменчивости содержания CH_4 в атмосфере полярных регионов и данными глобального атмосферного мониторинга, которые показали существование межполюсного градиента в меридиональном распределении CH_4 с планетарным максимумом не над умеренными широтами, а над Арктикой и Субарктикой [1-4, 6]. Более того, на основе комплексного анализа натуральных и модельных результатов, показано, что в зависимости от состояния подводной мерзлоты, величина эмиссии CH_4 из дна в воду изменяется на 5 порядков [2, 4, 5]

Таблица. Средние и максимальные концентраций метана в поверхностных водах окраинных морей северной Евразии

Названия морей	Максимальная концентрация, нМ/л	Средняя концентрация, нМ/л
Море Лаптевых, Восточно-Сибирское море (число измерений, n=7856)	154.1	17.6
Баренцево море, Карское море (n=7287)	91.27	11.85
Чукотское море, Берингово море (n=2191)	32.91	8.05
Охотское море, Японское море (n=1309)	16.45	6.4

Литература

1. Космач Д. А., Сергиенко В. И., Дударев О. В., Куриленко А. В., Густафссон О., Семилетов И. П., Шахова Н. Е. Метан в поверхностных водах окраинных морей северной Евразии. // Доклады Академии Наук, 2015, том 465, № 4, с. 441–445

2. Nicolsky D., and Shakhova N. E. Modeling sub-sea permafrost in the East-Siberian Arctic Shelf: the Dmitry Laptev Strait. // *Env. Res. Lett.*, 2010, V. 5, doi:10.1088/1748-9326/5/1/015006.
3. Shakhova N., Semiletov I., Salyuk A., Joussupov V., Kosmach D. and O. Gustafsson. Extensive methane venting to the atmosphere from sediments of the East Siberian Arctic Shelf. // *Science*, 2010. V. 327. P. 1246-1250.
4. Shakhova, N., Semiletov I., Leifer I., Sergienko V., Salyuk A., Kosmach D., Chernikh D., Stubbs C., Nicolsky D., Tumskey V. and Gustafsson O. Ebullition and storm-induced methane release from the East Siberian Arctic Shelf. // *Nature Geosciences*, 2014. V. 7. P. 64-70.
5. Shakhova N., Semiletov I., Sergienko V., Lobkovsky L., Yusupov V., Salyuk A., Solomatin A., Chernykh D., Kosmach D., Panteleev G., Nicolsky D., Samarkin V., Joye S., Charkin A., Dudarev O., Meluzov A., Gustafsson O. The East Siberian Arctic Shelf: Towards further assessment of permafrost-related methane fluxes and role of sea ice. // *Philosophical Transactions of The Royal Society A Mathematical Physical and Engineering Sciences*, 2015, 373(2052) DOI: 10.1098/rsta.2014.0451
6. Shakhova N., Semiletov I., Leifer I., Salyuk A., Rekant P., Kosmach D. Geochemical and Geophysical Evidence of Methane Release over the East Siberian Arctic Shelf. // *J. Geophys. Res.*, 2010, 115, C08007, doi:10.1029/2009JC005602.

ВАРИАЦИОННАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ ПЕРЕНОСА ПРИМЕСИ ПО ДАНЫМ ИЗМЕРЕНИЙ

В.С. Кочергин, С.В. Кочергин

*Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь,
vskochoer@gmail.com*

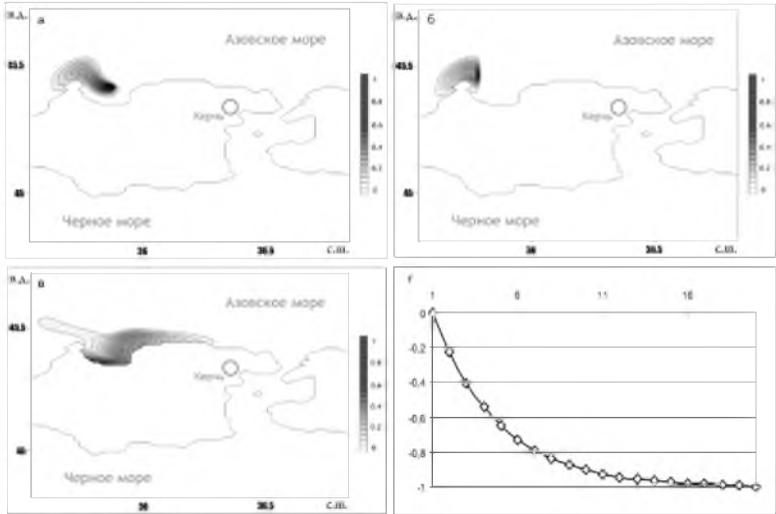
Рассматривается модель переноса пассивной примеси в Азовском море. На её основе реализован вариационный алгоритм идентификации мощности источника загрязнения. На тестовом примере показана работоспособность алгоритма поиска оптимального распределения по пространству мощности источника согласованного с данными измерений. Тестовые расчеты проведены для акватории Казантипского залива при восточном ветровом воздействии.

При изучении динамики распространения примесей необходимо использование как современных математических моделей [1], так и методов усвоения данных измерений [2, 3],

которые позволяют идентифицировать входные параметры модели. Алгоритмы усвоения данных измерений основаны, как правило, на минимизации квадратичного функционала качества прогноза, характеризующего отклонения модельного решения от измерений. При этом модель переноса пассивной примеси выступает в качестве ограничений на вариации входных параметров. В работе [4] всесторонне рассмотрен вариационный алгоритм идентификации мощности источника для двумерной модели, показана его работоспособность при наличии измерений на периферии пятна загрязнений в случае действия источника постоянной мощности. В данной работе такой подход применен для модели переноса пассивной примеси в Азовском море.

Численные эксперименты проводились с моделью [1] для акватории Азовского моря. Для тестирования вариационного алгоритма идентификации мощности источника в заливе Казантип был проведен расчет на установление модельного поля течений с постоянным ветром 10 м/с восточного направления. В результате моделирования так же было получено пространственное распределение коэффициентов турбулентной диффузии. Поля скоростей и коэффициентов турбулентной диффузии использовались в качестве входной информации при интегрировании модели переноса пассивной примеси на срок 10 суток.

Моделирование распространения загрязнений от постоянно действующего источника единичной мощности проводилось при различном ветровом воздействии. Программный код предусматривает задание источника, как на поверхности моря $Q_S = 1$, так и на дне $Q_B = -1$. Рассмотрим случай $Q_B = -1$ в заливе Казантип при восточном ветре. При таком ветровом воздействии происходит достаточно интенсивное «проветривание» залива, и примесь распространяется в северо-западном направлении (см. рисунок а). При ассимиляции в качестве данных измерений используется информация с периферии области загрязнения (см. рисунок б). На рисунке приведены шкалы значений полей концентрации, нормированных на соответствующие максимальные величины.



Поле концентрации при восточном ветровом воздействии, данные измерений, функция влияния и восстановление мощности источника соответственно

В результате решения сопряженной задачи при первой итерации имеем распределение концентрации на момент времени $t=0$ (см. рисунок в), которое характеризует влияние невязок прогноза на мощность Q_B в точке (x_0, y_0) . В процессе итераций происходит падение нормированного функционала качества прогноза, и восстанавливается известное значение Q_B (см. рисунок г). Результаты численных экспериментов показали, что сходимость итерационного процесса зависит от количества усваиваемой информации. В случае ассимиляции всей информации о моделируемом поле на конечный момент времени для достижения минимума функционала требуется одна итерация. Наибольшей информативностью обладают точки расположенные ближе к источнику загрязнения.

В [4] показано, что для идентификации $Q(t)$ необходима информация обо всем поле концентрации на конечный момент времени. Учитывая возможность распределения данных измерений во времени, можно также утверждать, что для более точной идентификации $Q(t)$ необходимо располагать точки измерений в области, прилегающей к источнику загрязнений. В целом

проведенные численные эксперименты показали надежную работу вариационного алгоритма идентификации мощности источника загрязнения, применительно к модели переноса пассивной примеси в Азовском море.

Литература

1. Иванов В.А., Фомин В.В. Математическое моделирование динамических процессов в зоне моря-суша. – Севастополь: ЭКОСИ-гидрофизика, 2008. – 363с.
2. Кочергин С.В., Кочергин В.С., Фомин В.В. Определение концентрации пассивной примеси в Азовском море на основе решения серии сопряженных задач // «Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа», МГИ НАНУ, Севастополь 2012., Вып 26, том 2, с. 112 – 118.
3. Marchuk G.I., Penenko V.V. Application of optimization methods to the problem of mathematical simulation of atmospheric processes and environment // Modelling and Optimization of Complex Systems / Ed. G.I. Marchuk. Proc. Of the IFIP-TC7 Working conf. New-York: Springer 1978. P. 240 – 252.
4. Кочергин В.С., Кочергин С.В. Использование вариационных принципов и решения сопряженной задачи при идентификации входных параметров модели переноса пассивной примеси // «Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа», МГИ НАНУ, Севастополь 2010, – Вып. 22., – С. 240 – 244.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ВСЕМИРНОЙ СЕТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ГРОЗ В ИССЛЕДОВАНИИ МЕЗОМАСШТАБНОЙ СТРУКТУРЫ ТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ

Е.А. Кукаренко

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, kukaren@poi.dvo.ru

Исследование погодных систем над океанами и морями в определенной степени представляет трудность из-за отсутствия регулярных гидрометеорологических наблюдений. В то же время, циклонические погодные системы, в частности, тропические циклоны (ТЦ) часто сопровождаются грозовой активностью, интенсивность и пространственное распределение которой отражает процессы масштаба грозовых облаков, которые, в свою очередь, контролируются динамическими и термодинамическими процессами синоптического и мезометеорологического масштаба.

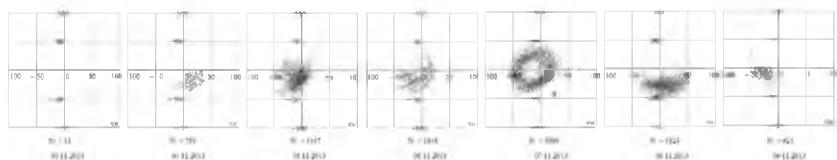
По распределению молниевой активности и ее изменению во времени в ТЦ можно судить о его структуре и её изменении в процессе развития и затухания ТЦ. Кроме того, данные по молниевой активности позволяют выявить мезомасштабные структуры в ТЦ и проследить их изменения в пространстве и во времени [1,2].

Всемирная сеть локализации гроз (World Wide Location Network (WWLLN)), позволяющая определять момент времени и координаты молниевых разрядов, является одним из развивающихся в последнее время пассивных методов мониторинга погодных систем [3]. Исследования ТЦ по данным сети WWLLN показали, что резкие изменения молниевой активности предшествуют значительным изменениям интенсивности ТЦ [1-6], а усиление молниевой активности в стене глаза может указывать на усиление конвекции в сильных ТЦ [6]. Наибольшее количество грозовых разрядов в стене глаза возникает за несколько часов до или во время наступления максимального развития ТЦ [5,6].

В работе изучается мезомасштабная структура ТЦ северо-западной части Тихого океана. Для этого используются данные сети WWLLN (<http://wwlln.net/new/>), данные по ТЦ за 2012-2013 гг. с архивов best-tracks Японского Метеорологического Агентства (Japan Meteorological Agency, www.jma.go.jp) и американского Объединённого центра предупреждения тайфунов (Joint Typhoon Warning Center, www.usno.navy.mil/JTWC), и данные по приводному ветру скаттерометров ASCAT со спутника Метор-А (Лаборатория спутниковой океанографии РГГМУ, <http://solab.rshu.ru/>). Также используются изображения ТЦ со спутников MTSAT-1R и MTSAT-2, имеющиеся в архивах зарубежных лабораторий: Naval Research Laboratory, (<http://www.nrlmry.navy.mil/TC.html>) и лаборатории японского Национального института информатики (Kitamoto Laboratory, <http://agora.ex.nii.ac.jp/>). Методы обработки перечисленных данных приведены в работе [2].

Изменение молниевой активности в области ТЦ показывает, что углубление циклона сопровождается увеличением молниевой активности, а в день максимального развития ТЦ в большинстве случаев наблюдается наибольшее количество молниевых разрядов. Анализ пространственного распределения молний в области ТЦ позволил выявить структуры, представляющие собой части

кольцевых или спиральных образований мезометеорологического масштаба, которые можно связать с наличием грозовых ячеек в облачной стене глаза ТЦ или в облачных рукавах. Структуры (части кольцевых образований) в центральной области ТЦ начинают проявляться примерно за день до наступления максимального развития и приобретают четко выраженную кольцевую форму в день максимальной интенсивности ТЦ. На рисунке представлена суточная композиция молниевых разрядов (координаты относительно текущего центра ТЦ на момент отдельного разряда) в центральной области ТЦ в процессе развития циклона, на примере супертайфуна Haiyan (2013 г.). Как видно из рисунка, в процессе углубления циклона формируется кольцевая структура в поле молниевой активности, и в день наступления максимального развития ТЦ отмечается наибольшее количество грозовых разрядов. После этого количество молний начинает уменьшаться, кольцевая структура разрушается.



Распределение молниевых разрядов в центральной области ТЦ в процессе развития ТЦ Haiyan (1330)

Кроме того, для исследования строились поля плотности (на единицу площади) разрядов. С экстремумами этих полей можно связать мезоструктуры. Расчет поля плотности в моменты времени со сдвигом по времени (час - два) даст возможность оценивать скорости перемещения мезомасштабных конвективных комплексов и их скорости. Сопоставление полей молний со спутниковыми изображениями показало, что участки повышенной молниевой активности во многих случаях совпадают с областями конвекции в ТЦ.

Для оценки масштабов конвективных комплексов в области влияния ТЦ рассчитывались статистические характеристики парных расстояний между разрядами. При этом выделяются масштабы отдельных грозовых ячеек, гроз, конвективных комплексов и мезомасштабных конвективных систем.

Анализ молниевой активности по данным всемирной сети локализации гроз позволяет в реальном масштабе времени выявлять элементы структуры ТЦ, оценивать геометрические характеристики ТЦ, и изучать их изменение в процессе эволюции ТЦ. Расширение сети станций WWLLN в северо-западной части Тихого океана за счет российского сегмента (станций в городах Хабаровск, Магадан, Якутск, Петропавловск-Камчатский, Владивосток (ТОИ ДВО РАН)) делает ее эффективным пассивным дистанционным инструментом слежения за тропическими циклонами и другими погодными системами.

Литература

1. Пермяков М.С., Поталова Е.Ю., Кукаренко Е.А., Мельников А.Н., Санников Д.В. Структура тропических циклонов по данным мировой сети локализации гроз // Тез. IX Всероссийского симпозиума «Физика геосфер» г.Владивосток, 31 августа – 4 сентября 2015 г. С.168-170.
2. Пермяков М.С., Поталова Е.Ю., Шевцов Б.М., Чернева Н.В., Holzworth R.H. Грозовая активность и структура тропических циклонов. // Оптика атмосферы и океана. 2015. Т. 28. № 07. С. 638-643
3. Abarca S.F., Corbosiero K.L., Vollaro D. The World Wide Lightning Location Network and Convective Activity in Tropical Cyclones // Mon. Wea. Rev. 2011. V. 139. P. 175–191.
4. Kumar A., Kumar S. Tracking of tropical cyclones and their intensity changes in the South Pacific region using World-wide lightning location network // Proceedings of the XII Pacific Inter-Science Congress, USP, 8-12 July 2013, Suva, Fiji.
5. Pan L.X., Oiu X.S., Liu D.X., et al. The lightning activities in super typhoons over the Northwest Pacific // Sci.China Earth Sci, 2010, V.53, No 8, P.1241-1248.
6. Solorzano, N. S., Thomas, J. N., and Holzworth, R. H.: Global studies of tropical cyclones using the World Wide Lightning Location Network, in: Proceedings of the AMS 2008 meeting, New Orleans, LA, USA, 2008.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КАРБОНАТНОЙ СИСТЕМЫ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ГЛУБОКОВОДНОЙ ЗОНЫ ЧЕРНОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Е.В. Медведев

*ФГБУН "Морской гидрофизический институт РАН", г. Севастополь,
eugenemedvedev@mhi-ras.ru*

В изучении химии мирового океана отводится повышенное внимание карбонатной системе – как одной из ключевых систем, которая регулирует гидрохимический баланс среды. Она играет важнейшую роль в процессах обмена между морем и атмосферой, в химии морской воды и в накоплении донных осадков. Карбонатной системе вод Черного моря уделяется существенно меньше внимания, чем карбонатной системе других регионов, особенно Арктики, и океана в целом. Из опубликованных за последние 25 лет работ, посвященных данному вопросу, стоит отметить [2,5,6].

В настоящей работе использованы данные, полученные в ходе 81-го рейса НИС «Профессор Водяницкий», состоявшегося в ноябре 2015 г. в северной части глубоководной зоны Черного моря.

Во время рейса экспериментально определялись рН и общая щелочность. Для выполнения определения величины рН использовался рН-метр И-160. Определение величины общей щелочности проводилось прямым титрованием высокоточной бюреткой «Metrohm» с ценой деления 0,001 мл с потенциометрическим окончанием. Также с помощью приборного комплекса *AS-C3* на базе инфракрасного анализатора *LI-7000 DP* проводились прямые измерения растворенного неорганического углерода и парциального давления углекислого газа на поверхности моря и в атмосфере. Всего было проведено 145 анализов рН и *Alk*, 109 – TCO_2 , а также проведен анализ в атмосфере и в поверхностных водах на семи станциях.

В морской воде под общей щелочностью понимается сумма анионов слабых кислот (угольной, борной, фосфорной, кремниевой и др.), способных выступать в качестве акцепторов ионов водорода. Для поверхностных вод, при диапазоне рН 8,2 – 8,6, величина общей щелочности практически полностью определяется карбонатной составляющей (96-99%,) и боратной щелочностью, зависящей от солености [3]. Для Черного моря из некарбонатных составляющих необходимо учитывать гидросульфидную щелочность $[\text{HS}^-]$, которая возрастает с глубиной, также

определенный вклад вносят аммонийная и силикатная составляющие [2].

Можно выделить три отличных друг от друга зоны: аэробную зону, простирающуюся от поверхности до изопикны $\sigma_t = 15.8$, анаэробную зону, располагающуюся ниже изопикны $\sigma_t = 16.3 \text{ кг/м}^3$ и переходную зону между изопикнами $\sigma_t = 15.8 \text{ кг/м}^3$ и 16.3 кг/м^3 .

В аэробной зоне до значений относительной плотности $\sigma_t = 15.8 \text{ кг/м}^3$, соответствующим глубинам около 100 м, распределение общей щелочности по вертикали практически однородно.

Большой интерес вызывают изменения общей щелочности в «зоне сосуществования» кислорода и сероводорода. По мере перехода от аэробных условий к анаэробным для многих гидрохимических компонентов характерны изменения, как, например, появление минимума и максимума фосфатов на изопикнических поверхностях $\sigma_t = 15.9 \text{ кг/м}^3$ и $\sigma_t = 16.2 \text{ кг/м}^3$, или возникновение S-образного фрагмента на профиле рН в интервале изопикн $\sigma_t = 15.5 \text{ кг/м}^3 - 16.5 \text{ кг/м}^3$ [1].

Поскольку в качестве одного из компонентов общей щелочности начинает оказывать влияние гидросульфидная составляющая, и повышается содержание гидрокарбонатов в сероводородной зоне, рост общей щелочности интенсивно возрастает с увеличением относительной плотности.

Общий растворенный неорганический углерод представляет собой сумму всех растворённых форм CO_2 , HCO_3^- и CO_3^{2-} .

Профиль TCO_2 от относительной плотности можно четко разделить на 3 части. От поверхности до изопикны $\sigma_t \approx 15 \text{ кг/м}^3$ наблюдается линейный рост общего растворенного неорганического углерода, соответствующий резкому уменьшению величины рН от 8.4 до 7.8. Далее изменения значений TCO_2 хорошо коррелируют с соответствующими значениями общей ($r = 0,998$). При значениях относительной плотности от $\sigma_t = 15 \text{ кг/м}^3$ до $\sigma_t = 16.5 \text{ кг/м}^3$ наблюдается незначительные изменения значений общего растворенного неорганического углерода. На фрагменте профиля, соответствующему значениям относительной плотности больше $\sigma_t = 16.5 \text{ кг/м}^3$, рост значений TCO_2 существенно увеличивается, доходя до максимальных значений 4074 мкмоль/кг.

Отношение $\Delta\text{TCO}_2/\Delta\text{H}_2\text{S}$, указывающее на рост градиентов концентраций неорганического углерода и сероводорода в результате сульфат-редукции согласно стехиометрическому уравнению реакции [6], равняется 2. Рост этой величины

свидетельствует о дополнительном накоплении неорганического углерода в анаэробных водах [2]. По данным наблюдений в 2015 г., среднее значение $\Delta\text{TCO}_2/\Delta\text{H}_2\text{S}$ для вод, соответствующих относительной плотности от $\sigma_t = 16,186 \text{ кг/м}^3$ до $\sigma_t = 17,217 \text{ кг/м}^3$ было равно 2,1, что хорошо согласуется с данными работы [6]. Отношения $\Delta\text{Alk}/\Delta\text{H}_2\text{S}$ (2,78) и $\Delta\text{Alk}/\Delta\text{TCO}_2$ (1,33) также хорошо согласуются с результатами, описанными в вышеуказанной работе.

В ноябре 2015 года наблюдения парциального давления углекислого газа в атмосфере можно разделить на два временных отрезка. Для первого характерны концентрации CO_2 в атмосфере в пределах 400 – 408 мкатм, что хорошо согласуется с современными данными наблюдений [7], однако на последних двух станциях, отработанных после резкого изменения погодных условий в сторону штормовых, $p\text{CO}_2$ в атмосфере существенно снизилось до значений ~ 385 мкатм. По всей видимости, снижение содержания CO_2 в атмосфере может быть обусловлено интенсивным поглощением его поверхностными водами во время шторма. Парциальное давление углекислого газа в поверхностных водах (0 м) всегда было существенно ниже соответственных значений для атмосферы и находилось в пределах 324 – 337 мкатм. Схожие результаты для осенне-зимнего периода были получены нами на стационарной океанографической платформе в пгт. Кацивели [4].

Литература

1. Еремеева Л.В., Романов А.С., Овсяный Е.И. и др. Гидрохимические исследования в 33=м рейсе научно=исследовательского судна «Профессор Колесников». – Севастополь, 1995. – 42с. (Препринт / НАН Украины. МГИ).
2. Маккавеев П.Н. Растворенный неорганический углерод и общая щелочность в анаэробных водах Черного моря // Океанология. 1995. Т.35. № 4. С.537-543.
3. Скопинцев Б.А. Формирование современного химического состава вод Черного моря. – Л.: Гидрометеиздат, 1975 – 336 с.
4. Хоружий Д.С., Медведев Е.В., Моисеенко О.Г. Динамика изменений компонентов карбонатной системы в шельфовой зоне Черного моря по данным наблюдений. Тезисы докладов научно-практической конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова». – г. Севастополь. 2015 г. – г. Севастополь: 2015. С. 88 – 90.
5. Goyet C., Bradshaw A.L., Brewer E.G. The Carbonate System in the Black Sea // Deep-Sea Research. 1991. V. 38. № 2A. P. S1049 - S1068.

6. Hiscock W., Millero F. Alkalinity of the anoxic waters in the western Black Sea // Deep-Sea Research. 2006. V. 53, II P. 1787-1801

7. www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИХРЕВОЙ АКТИВНОСТИ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

В.О. Муравья

ФГБУН «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», г. Москва, valeriamur@gmail.com

Мировой океан находится в постоянном движении, как на поверхности, так и под водой. Течения, вихри, водовороты играют значительную роль в формировании берегов и топографии дна, в транспортировке питательных веществ и энергии, как в вертикальном, так и в горизонтальном перемешивании. Всё это является главнейшими компонентами глобальной циркуляции океана, возникающими при различии температур и солёности, плотности и давлении, а также под действием ветра. Одним из компонентов глобальной циркуляции океана, синоптического масштаба, являются вихри.

Вихри - это нестационарные вихреобразные возмущения океанских течений, проникающие вглубь океана и перемещающиеся по его поверхности. Диаметры (горизонтальные размеры) вихрей обычно составляют 40 — 400 км, а скорость их перемещения — порядка нескольких сантиметров в секунду.

Актуальность данной работы заключается в том, что, помимо глобального переноса и перемешивания водных масс, наиболее мощные течения и вихри могут повлиять на транспортные маршруты морских судов или нанести повреждения нефтяным платформам. Следовательно, знание местоположения, мощности и других показателей течений и вихрей и умение предсказать их помогают в промысловой океанологии, навигации, установке и дальнейшем контроле сохранности нефтяных платформ.

За основу исследования был взят регион Баренцева моря, как одного из самых востребованных морей русской Арктики, в плане морских исследований. Данный район является районом дислокации не только торгового, но и военно-морского флота Российской Федерации, в том числе атомных подводных лодок, для

которых сведения о физических процессах происходящих в водной толще необходимы для улучшения навигации и предотвращения аварий при переходах. Кроме того, здесь находится единственное на сегодняшний день месторождение «Приразломное» на арктическом шельфе России, где добыча нефти уже начата. Конструкция платформы проектируется с учётом глубины, различных физических, географических и химических характеристик, с целью добиться наибольшей прочности для длительной эксплуатации.

Основная цель работы заключалась в анализе различных спутниковых данных для выявления вихревой активности в Баренцевом море, а именно, рассмотрение и установление связи между неоднородностями в полях уровня и других характеристик, таких как температура поверхности моря, солёность и хлорофилл_a.

Детально проанализированы 190 карт абсолютной динамической топографии. Практически на всех проявляются неоднородности в поле уровня, которые были выделены в район 1 и 2 (первый содержит циклонические, а второй - антициклонические неоднородности). Из данного наблюдения было сделано предположение, что выделенные неоднородности являются квазистационарными.

Исходя из гидрологических особенностей Баренцева моря и, изучив литературу по данной теме, вихревую активность в данном регионе можно разделить на 2 основных вида:

- распространяющаяся в южной части акватории моря, вдоль Скандинавского полуострова, которая образуется благодаря стерическому эффекту;
- колебания уровня в северных районах, которые обусловлены динамическими составляющими, такими как разности плотностей.

В дальнейшем, для анализа и выявления связи между неоднородностями в поле уровня с неоднородностями в других характеристиках были построены карты полей температуры поверхности моря, солёности и хлорофилла в различных программах. В работе приведены карты, построенные на конкретную дату 22 августа 2013 года, для синхронного рассмотрения всех полученных полей.

Дополнительно были рассмотрены два гидрологических разреза: Кольский меридиан, а также разрез, проходящий через

выделенный район с циклоническими неоднородностями. Для полученных значений на разрезе «Кольский меридиан» не выделяется вихревых структур ни в одной из рассматриваемых характеристик, как на поверхности моря, так и на вертикальных профилях распределения температуры и солёности, следовательно, было решено принять данный разрез, как «нулевую величину».

На гидрологическом разрезе, проходящем через выделенный район с циклоническими неоднородностями на глубине ~150 метров отмечается неоднородность, которую было решено идентифицировать как подповерхностный вихрь. Этот вихрь имеет размеры 80x0,06 км (ширина на высоту соответственно) и проявляется на вертикальном профиле температуры воды и, возможно, является квазистационарным, так как на картах неоднородности в поле аномалий уровня он прослеживается практически на всех исследованных 190 картах АДГ.

Литература

1. Белоненко Т. В., Крупномасштабная изменчивость уровня северо-западной части Тихого океана на основе спутниковых альтиметрических измерений//Диссертация на соискание учёной степени д.г.н., СПб, 2014, 330с
2. Бойцов В.Д., Карсаков А.Л., Аверкиев А.А., Густоев Д.В., Карпова И.П., Исследование изменчивости гидрофизических характеристик по наблюдениям на разрезе "Кольский меридиан"//Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета, № 15, 2010
3. Морозов Е.А., Алгоритмы определения концентрации хлорофилла-а и общей взвеси и идентификации микроводорослей *Lepidodinium chlorophorum* и *Emiliania huxleyi* по спутниковым данным на примере Бискайского залива//Диссертация на соискание учёной степени к.ф.-м.н., СПб, 2013, 225с
4. Научный сборник по итогам экспедиции "Арктический плавучий университет - 2012", ред. д.х.н. Боголицын К.Г., 2012, 475с
5. Тарасенко А.Д., Стерические колебания уровня Баренцева моря по данным вихреразрешающей модели ECCO2//ВКР бакалавра, СПбГУ, факультет географии и геоэкологии, кафедра океанологии, СПб, 2013, 42с
6. Steele Michael, Wendy Ermold, Steric Sea Level Change in the Northern Seas //JOURNAL OF CLIMATE, 2007, T.20. стр. 403-417.
7. Volkov D., Landerer F., Kirillov S., The genesis of sea level variability in the Barents sea//Continental Shelf Research, №66, 2013, 92-104с

МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХОЛОДНЫХ ВТОРЖЕНИЙ НАД ЯПОНСКИМ МОРЕМ

М.К. Пичугин

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, pichugin.mk@gmail.com

Известно, что холодное вторжение (*ХВ*) является одной из характерных особенностей Японского моря (*ЯМ*), существенно влияющей на турбулентный теплообмен между океаном и атмосферой в холодный сезон года. Во время таких вторжений суммарный турбулентный теплоперенос в атмосферу может достигать 1000–1200 Вт/м² [4], что приводит к интенсификации процессов трансформации водных и воздушных масс и существенно влияет на региональную циркуляцию в море [5]. Также регулярные продолжительные вторжения над морем могут привести к заметному росту толщины перемешанного слоя в океане с последующей задержкой типичных сроков весеннего цветения фитопланктона. В работе [8] исследователи отмечают, что в годы аномально высокой активности *ХВ* биологическая продуктивность Японского моря может снижаться.

В данной работе представлены результаты исследования внутрисезонной и межгодовой изменчивости интенсивности холодных вторжений над Японским морем, опираясь на данные спутниковых измерений и прибрежных станций радиозондирования атмосферы за период с 2000 по 2015 гг. Выбор начала периода исследования продиктован датами запуска спутников *Terra* и *QuikSCAT*, измерения которых позволили изучить синоптические и мезомасштабные особенности эволюции вторжений, в том числе с продолжительностью менее суток.

Опираясь на выводы работ [1, 6] и результаты спутникового дистанционного зондирования характеристик *ХВ* [2], в данном исследовании предложен эмпирически обоснованный ряд критериев для индикации этого явления над *ЯМ*:

- наличие характерных облачных структур в виде конвективных гряд и ячеек, надежно регистрируемых на спутниковых видимых и инфракрасных изображениях, полученных спектрорадиометрами *MODIS* (спутники *Terra* и *Aqua*);

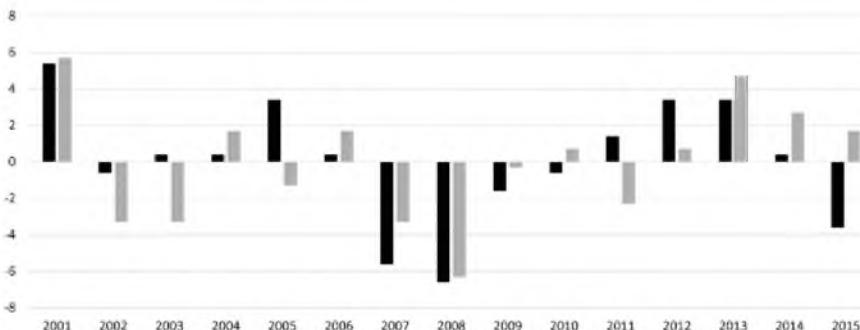
- поле приводного ветра западных / северных румбов (3 – С) со скоростью более 10 м/с, измеренного со скаттерометров *SeaWinds* (спутник США *QuikSCAT*), *ASCAT* (спутники европейского космического агентства *MetOp-A, B*), *OSCAT*

(спутник Индии *OcenSat-2*) и микроволнового радиометра *WindSat* (спутник *Coriolis*);

- площадь зоны вторжения (S_{XB}) охватывает большую часть площади Японского моря ($S_{ЯМ}$): $S_{XB} \geq 1/2 * S_{ЯМ}$.

Также для более объективной оценки активности XB над морем отдельно регистрировались случаи с максимальной скоростью ветра у поверхности ($V_{макс}$) ≥ 15 и 20 м/с.

В данном исследовании за 15 холодных сезонов (ноябрь–март) с 2000 по 2015 гг. было зарегистрировано 381 холодное вторжение над Японским морем со средней продолжительностью (D) 1,4 сут. При этом в 35% случаев наблюдались XB с D менее суток. В более ранних исследованиях [3] такие вторжения не анализировались, однако их вклад в теплообмен поверхности $ЯМ$ с атмосферой может быть также существенным.



Межгодовая изменчивость аномалий количества холодных вторжений над Японским морем для 15 холодных сезонов с 2000/2001 по 2014/2015 гг. Черные и серые столбики соответствуют аномалиям вторжений с максимальной скоростью ветра у морской поверхности более 15 и 20 м/с, соответственно.

На рисунке представлена диаграмма межгодовой изменчивости аномалий количества XB над морем относительно среднего (около 25 вторжений) за 15 лет. Максимальная положительная аномалия наблюдалась в холодный сезон 2000/2001 гг., когда в более 50% случаев вторжений регистрировались экстремальные погодные условия со штормовым ветром ($V_{макс} \geq 20$ м/с). При этом судовые измерения, выполненные в феврале 2001 г., показали, что у континентального склона залива Петра Великого за счет склоновой конвекции образовались значительные объемы донных вод Центральной котловины моря, распространяющиеся на глубинах 3000–3300 м [7].

Из всего ряда следует выделить период с 2005 по 2015 гг., когда межгодовая изменчивость количества ХВ носит ярко выраженный колебательный характер. При этом такая особенность не проявляется в индексах Арктического, Тихоокеанского декадного и Южного колебаний / осцилляций, взятых из национального исследовательского центра NOAA NCEI. Однако сравнительный анализ аномалий количества вторжений над морем и температуры воздуха у поверхности, взятой из реанализа высокого разрешения NCEP-CFSR, показал хорошее соответствие в северо-западной части Японского моря и прибрежной зоне Азиатского континента (коэффициент корреляции 0,8-0,9). Опираясь на это можно выдвинуть гипотезу о цикличности активности ХВ над Японским морем с характерным периодом.

Литература

1. Похил А.Э. Об идентификации зон штормового волнения и штиля в Тихом океане по спутниковым снимкам облачности // Метеорология и гидрология. 1985. №12. С. 68-76.
2. Chechin D.G., Pichugin M.K. Cold-air outbreaks over the ocean at high latitudes and associated mesoscale atmospheric circulations: Problems of numerical modelling // Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. 2015. Vol.51, N. 9. P. 1034–1050.
3. Dorman C.E., Beardsley R.C., Dashko N.A., Friehe C.A., Kheif D., Cho K., Limeburner R., Varlamov S.M. Winter marine atmospheric conditions over the Japan Sea // J. Geophys. Res. 2004. Vol. 109. C12011.
4. Jensen T.G., Campbell T.J., Allard R.A., Small R.J., Smith T.A. Turbulent heat fluxes during an intense cold-air outbreak over the Kuroshio Extension Region: Results from a high-resolution coupled atmosphere-ocean model // Ocean Dynamics. 2011. Vol. 61, N. 5. P. 657-674.
5. Kawamura H., Wu P. Formation mechanism of Japan Sea Proper Water in the flux center off Vladivostok // J. Geophys. Res. 1998. Vol. 103, N C10. P. 21611–21622.
6. Mitnik L.M., Mitnik M.L. Microwave characteristics of organized mesoscale convection over the ocean // Proc. 10th Specialist Meeting on Microwave Radiometry and Remote Sensing of the Environment. Microrad08. Florence, Italy, 11-14 March 2008. IEEE Catalog Number CFP0892D (softbound) CFP0892D-CDR (CD ROM).
7. Talley L.D., Lobanov V.B., Ponomarev V.I. et al. Deep convection and brine rejection in the Japan Sea // Geophys. Res. Lett. 2003. Vol. 30. P. 8.1–8.4.
8. Yamada K., Ishizaka J., Yoo S., Kim H., Chiba S. Seasonal and interannual variability of sea surface chlorophyll a concentration in the Japan/East Sea (JES) // Prog. in Oceanogr. 2004. Vol. 61. P. 193–211.

КВАЗИ-ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА ИЗОЛИРОВАННОГО ВИХРЯ ОКОЛО ГРАНИЦЫ С ОКРУГЛОЙ ВЫЕМКОЙ

Е.А. Рыжов¹, Д.В. Овчаренко²

¹ *ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, rvzhovea@poi.dvo.ru*

² *Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, rrouji@yamdex.ru*

Вихревые движения вдоль изогнутых границ представляют значительный интерес для исследования, в частности по причине множественных приложений [1]. Например, большинство побережий естественных водоемов значительно изрезаны [2]. Такие особенности границ приводят к существенному изменению динамики вихрей по сравнению с простыми прямолинейными границами. Более того, специально-подобранные изогнутые границы могут вызывать периодические движения изолированных вихрей, чего не может наблюдаться в случае прямолинейных границ [3].

Рассматривается следующее конформное отображение, которое отображает верхнюю полуплоскость в полуплоскость с частью кругового сектора с радиусом R

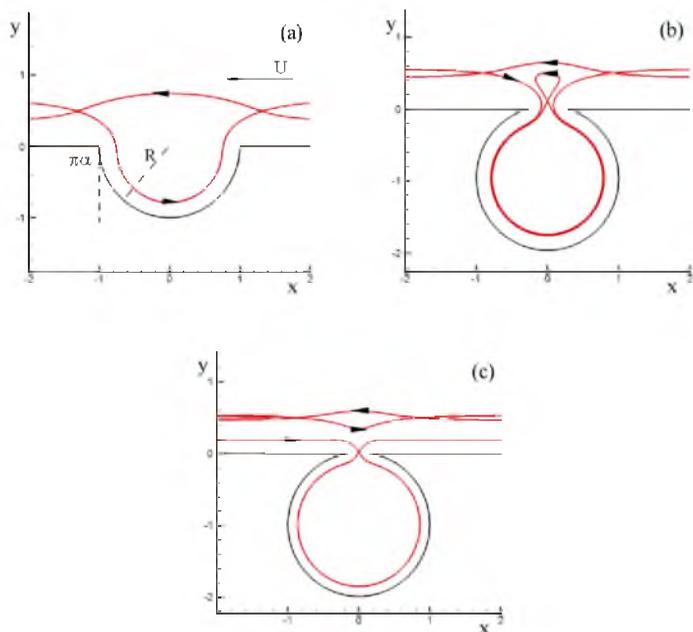
$$\zeta = b \frac{1}{1-z_2}, \quad z_2 = z_1^{2-\alpha}, \quad z_1 = \frac{z-a}{z+a},$$

где $a = R \sin(\pi\alpha)$, $b = 2a / (2-\alpha)$, $\pi\alpha$ характерный угол выемки и $z = x + iy$ комплексная переменная в области отображения и $\zeta = \xi + i\eta$ комплексная переменная в отображенной области. Таким образом, точечный вихрь интенсивности μ движется в z -области в соответствии с формулой Кирхгофа-Рута, которая дает следующее поле скорости для движения вихря:

$$\frac{dz_v^*}{dt} = \frac{d\zeta}{dz} \Big|_{z=z_v} \left(U + \frac{\mu}{2\eta_v(z_v)} \right) - i\mu \frac{\frac{d^2\zeta}{dz^2} \Big|_{z=z_v}}{2 \frac{d\zeta}{dz} \Big|_{z=z_v}},$$

где индекс v обозначает принадлежность скорости вихрю, а $*$ обозначает комплексное сопряжение. В полученной модели можно выделить три типа вихревого движения в зависимости от размера

выемки и скорости внешнего потока. Фазовые портреты полученных типов приведены на рисунке.



Три типа фазовых портретов системы, описывающей движение точечного вихря вдоль прямолинейно границы с выемкой в виде сектора окружности

Литература

1. Makarov V. G., Bulgakov S. N. Regimes of near-wall vortex dynamics in potential flow through gaps // *Phys. Fluids*. 2008. V.20. N. 086605.
2. Carton X., Le Cann B., Serpette A., Dubert J. Interactions of surface and deep anticyclonic eddies in the Bay of Biscay // *J. Mar. Sys.* V. 109-110. P. S45-S59.
3. Ryzhov E. A., Koshel K. V. Steady and perturbed motion of a point vortex along a boundary with a circular cavity // *Phys. Lett. A*. 2016. Vol. 380. N. 7-8. P. 896-902.

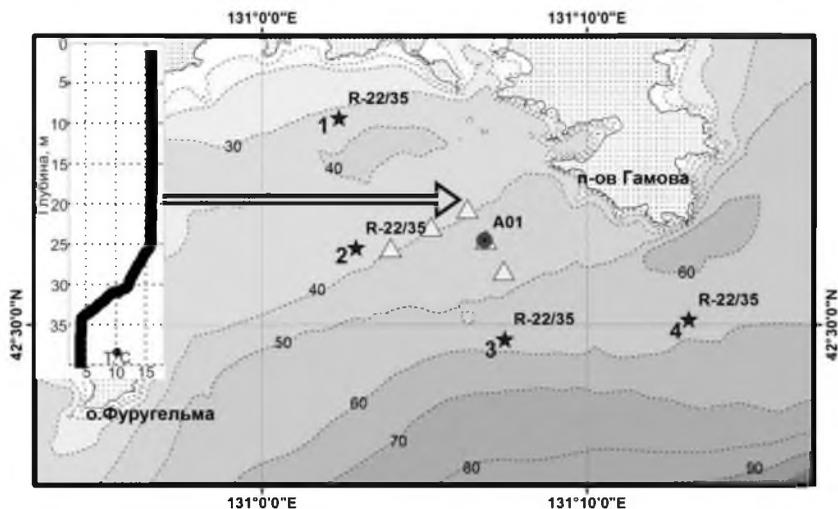
НИЗКОЧАСТОТНЫЕ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЗАЛИВЕ ПОСЬЕТА ЯПОНСКОГО МОРЯ.

А.Н. Самченко

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, samchenko@poi.dvo.ru

Коллектив лаборатории «Статистической гидроакустики» ТОИ ДВО РАН на протяжении многих лет занимается низкочастотными гидроакустическими исследованиями на шельфе океана. Экспериментальные работы проводятся на акустическом полигоне на акватории залива Посьета Японского моря (см. рисунок). На полуострове Гамова расположена МЭС «Мыс Шульца», а с помощью НИС «Малахит» и «Импульс» проводятся экспериментальные работы на море. Навигация судов позволяет проводить работы в теплый период года с апреля по ноябрь. Низкочастотные гидроакустические эксперименты нашим коллективом проводятся три раза в год (весной, летом и осенью), с различными гидрологическими обстановками. В нашем распоряжении имеются гидроакустические излучатели с несущей частотой 22 Гц, 33 Гц, 240 Гц и 330 Гц, приемники представляют собой автономные донные станции [1]. В экспериментах используются гармонические и сложные фазоманипулированные М-последовательности сигналы. Время излучения и приема акустических сигналов синхронизировано. Гидроакустические эксперименты сопровождаются гидрологическими измерениями с помощью стационарных термогирлянд, СТД-зондов.

Обработка полученных результатов производится после выемки носителя памяти с донной акустической станции. Моделирование распространения акустических сигналов по трассам проводится с максимальным приближением к условиям *in situ*, за счет известной гидрологической ситуации и привлечения геоакустических характеристик дна. Сравнение практически полученных результатов и моделирования позволяет делать некоторые выводы, а именно что волноводом для низкочастотных сигналов служит как водный слой, так и слой рыхлых осадков до границы фундамента. Также решение прямых и обратных задач дает возможность корректировать геоакустическую модель дна.



Пример гидроакустического эксперимента, проведенного в октябре 2014 года. Звездочками показаны точки излучения акустических сигналов, треугольниками – термогирлянды, кругом (A01) – донная акустическая станция.

Литература

1. Леонтьев А. П., Пивоваров А. А. Автономная приемная двухканальная гидроакустическая станция // Приборы и техника эксперимента. 2013. № 4. С. 144–145.

ОСОБЕННОСТИ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОДЕЛИРОВАНИЯ С ВЫСОКИМ ПРОСТРАНСТВЕННЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ

М.В. Сендеров, А.И. Мизюк, Г.К. Коротаев

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь,

smvdonetsk1@rambler.ru

Анализ пространственно-временной изменчивости гидрофизических полей на основе результатов численного моделирования, близких к реальному состоянию океана, является одной из основных задач океанологии. Возможность достаточно быстро получать данные для ее решения появилась благодаря

совершенствованию вычислительной техники. Длительное развитие численных моделей циркуляции [1,3] и активная работа в течение последних десяти лет в научных проектах Европейской Рамочной программы позволили создать Черноморский центр морских прогнозов (ЦМП ЧМ) [2]. Последняя версия прогностической системы имеет пространственное разрешение 5 км, что позволяет довольно точно воспроизвести динамику в глубоководной части моря. Однако характер пространственной изменчивости в шельфовых и прибрежных районах по результатам работы системы свидетельствует о необходимости улучшения горизонтального разрешения используемой модели Черного моря.

В настоящей работе представлены результаты моделирования гидрофизических полей Черного моря с высоким пространственным разрешением и последующий анализ их изменчивости. Проведенные численные эксперименты были выполнены с использованием региональных конфигураций для модельного комплекса NEMO [4]. Для выполнения ряда расчетов была реализована его параллельная версия на высокопроизводительном компьютере.

Параметры расчетной сетки конфигурации с высоким разрешением аналогичны параметрам оперативной версии модели МГИ [2]: используется квазирегулярная сетка, покрывающая бассейны Черного и Азовского моря с шагом по горизонтали порядка 5 км. При этом шаг по времени был выбран равным 5 минутам. Дискретизация по вертикали осуществляется с использованием z-координаты с улучшенным разрешением в верхнем слое. Для параметризации горизонтального турбулентного обмена применяется бигармонический оператор. Другая конфигурация получена посредством уменьшения шага регулярной сетки по горизонтали до 2,5 км (ультравысокое пространственное разрешение). В связи с увеличением пространственного разрешения шаг по времени был уменьшен до 90 секунд.

В результате ряда численных экспериментов, выполненных сроком на 1 год, получена удовлетворительная картина общей циркуляции Черного моря. Проведенные расчеты позволили воспроизвести крупномасштабную циркуляцию в бассейне. Анализ результатов с ультравысоким пространственным разрешением позволяет выделить большее количество мезо- и субмезомасштабных структур. Множество антициклонических вихрей проявляется у Анатолийского побережья, Кавказа, Крыма,

кроме этого мезомасштабные вихревые структуры можно наблюдать и в глубоководной части бассейна. Характер изменчивости полей температуры поверхности моря в этих экспериментах ближе к спутниковой, что видно по данным сканера *MODIS/Aqua* и наблюдаются схожие субмезомасштабные структуры. Струя Основного Черноморского Течения (ОЧТ) в них хорошо выражена, однако в летний период она значительно меандрирует и разрывается, формируя две почти несвязанные струи в восточной и западной части бассейна. Неустойчивость струи при этом усиливает антициклонические вихри.

Литература

1. Демьшев С.Г., Коротаев Г.К. Численная энергосбалансированная модель бароклинных течений океана с неровным дном на сетке C // Численные модели и результаты калибровочных расчетов течений в Атлантическом океане. – М.: ИВМ РАН, 1992. С. 163-231
2. Дорофеев В.Л., Коротаев Г.К., Ратнер Ю.Б. Система мониторинга гидрофизических полей Черного моря в квазиоперативном режиме // Системы контроля окружающей среды. Севастополь: «ЭКОСИ-Гидрофизика». 2006. С. 150–158
3. Кубряков А.И. Применение технологии вложенных сеток при создании системы мониторинга гидрофизических полей в прибрежных районах Черного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. 2004. Вып.11. С.31-50
4. Madec G. NEMO reference manual, ocean dynamics component // Note du rôle de modélisation, IPSL, France N°27 ISSN N. 2008. P.1288 – 1619

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ДРИФТЕРА НА ПОВЕРХНОСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ ПОЛЕЙ ВЕТРА И АЛЬТИМЕТРИИ

И.И. Усольцев¹, Т.Р. Кильматов¹, А.Н.Вражкин²

¹Дальневосточный Федеральный университет, г. Владивосток,
garry-tagil@vandex.ru

²Дальневосточный региональный научно-исследовательский
гидрометеорологический институт, г. Владивосток, van@ferhri.ru

Целью работы является моделирование дрейфа свободно плавающих объектов и определение основных факторов, влияющих на дрейф.

Дрейф объектов на поверхности океана, предсказание траектории играет важную роль для поиска объектов, в задачах спасения и защиты окружающей среды, а также других прикладных мероприятиях. Задача предсказания траектории в настоящее время не является полностью решенной вследствие множества метеорологических и океанологических факторов, влияющих на траекторию дрейфа. Здесь безусловно играет важную роль размеры, форма, плавучесть и парусность объекта.

В данной работе на основе натуральных наблюдений за дрейфом дрифтера SVP-Marlin с парусом «Тристар», представляющий собой стеклопластиковую сферу 34 см в диаметре и парус 1x1x1 м, с центром давления паруса на глубине 1м и коэффициентом соотношения площади паруса к площади буя = 40. С 1 по 28 августа 2013 года в акватории Охотского моря вблизи северо-восточного шельфа острова Сахалин, 52.5°-55.5° N, 144.5°-146.7°E. Траектория движения была поделена на два этапа: первый 15 дней, с 1 по 15 августа 2013 года достаточно устойчива, с генеральным направлением на север, с довольно равномерным передвижением. Второй этап: с 15 по 28 августа 2013 года, когда траектория представляет «танец шимми». Представляет интерес причина столь различного типа движения дрифтера.

Выделено два важных фактора, влияющих на движение дрифтера – воздействие ветра и циркуляции, порожденные наклоном уровенной поверхности. Данные по приводному ветру были взяты из японского метеорологического агентства (JMA)[5]. Альтиметрические данные взяты с платформы AVISO Live Access Center[4] и представляют собой превышение уровня моря над геоидом.

Было проведено два модельных анализа. Первый для направления движения дрифтера в зависимости от приводного ветра. В соответствии с классической теорией дрейфовых течений Экмана[3], в северном полушарии в «идеальных» модельных условиях дрейфовое течение отклоняется от направления ветра вправо (примерно 45°) в северном полушарии. Второй для направления движения дрифтера в зависимости от наклона уровней поверхности. Следуя классическим представлениям геофизической гидродинамики[2], движение в северном полушарии отклоняется от направления «спуска» ($-\text{grad}(\text{поле уровней поверхности})$) вправо (примерно 90°).

Расчеты проводились отдельно для двух режимов движения в первой и во второй половине августа.

Так же в данной работе были произведены модельные расчеты движения дрефтера, на основе данных по приводному ветру и геострофических скоростей по отдельности.

В результате были получены модельные трэки движения дрефтера на основе данных по ветру и геострофических скоростей по отдельности. Начальными точками модельного дрефтера были в первом случае истинные координаты начала дрейфа реального буя, а во втором случае начальными координатами были начало движения “shimmy” на 15-х сутках (54.98528° сш и $145,33278^\circ$ вд).

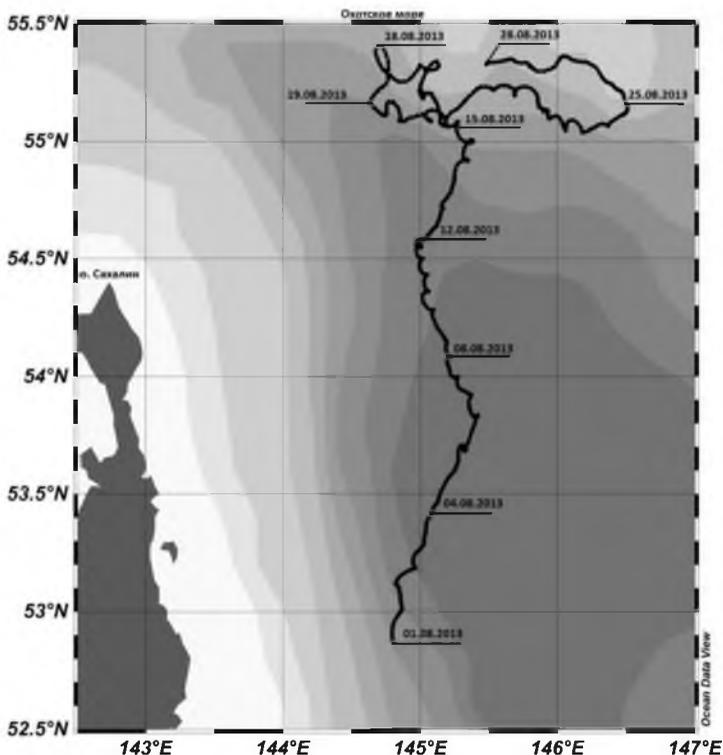
Результаты расчета показывают, что теория Экмана в данном случае неприменима, так как угол между направлением ветра и направлением движения дрефтера сильно отличается от теоретических 45° . Среднее значение угла за период с 1 по 15 августа составляет около 196° . В период с 16-28 августа (Shimmy) среднее значение угла составляет 189 . Классическая модель геофизической гидродинамики так же как и модель Экмана не выполняется, так как среднее значение угла между направлениями за первый исследуемый период (1-15 августа) равен 155° , а за второй период «shimmy» (16-28 августа) равен 156° .

Причина этого может быть в том, что мелкие локальные явления, за небольшой промежуток времени наблюдения, могут быть существеннее, чем общая динамика процессов данного региона.

Результаты моделирования на основе данных по приводному ветру и геострофическим скоростям можно поделить на два этапа.

Первый – это начала моделирования с 1 суток августа 2013 года. Для этого случая - модельный дрейф по ветровым данным схож с реальным, однако конечные координаты отличаются, а по данным геострофических скоростей трэки отличаются сильно, как по направлению, так и по конечным координатам.

Второй этап – это старт модели с 15 суток августа 2013 года. Здесь наблюдается схожая картина, что и на первом этапе. Модельный дрейф на основе ветровых данных примерно похож на реальный, а на основе геострофических скоростей сильно отличается.



Трек дрейфа дрейфтера SVP-Varlin

Литература

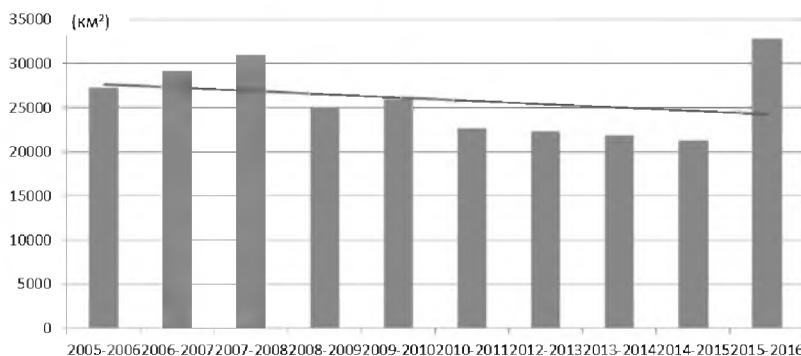
1. Глуховский Б.Х. Исследование морского ветрового волнения. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1966. –283 с.
2. Педлоски Дж. Геофизическая гидродинамика. М.: Мир, 1984. Т.1. 400 с. Т.2. 410 с.
3. Филлипс О.М. Динамика верхнего слоя океана. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1980. – 320 с
4. Live Access Server [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://las.aviso.oceanobs.com/>
5. Japan Meteorological Agency [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.jma.go.jp/jma/indexe.html>

ОЦЕНКА ПЛОЩАДИ ЛЬДА ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

Е.С. Хазанова

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, khazanova@poi.dvo.ru

Спутниковые данные начали применяться для оценки состояния и площади ледяного покрова с 70-х годов прошлого века. На данный момент существует множество алгоритмов для оценки сплоченности льда по спутниковым микроволновым данным. Их разнообразие объясняется большим числом факторов влияющих на результат оценки. Самое большое число вопросов возникает при оценке тонких льдов и в периоды замерзания/таяния. В настоящей работе была проведена оценка площади льда в Татарском проливе по данным спутникового микроволнового зондирования. Оценка проводилась по картам сплоченности, построенным по алгоритму ASI (<http://www.iup.uni-bremen.de:8084/amr2/regions-amr2.php>). Параллельно было проведено сравнение карт сплоченности с видимыми данными спектрорадиометра MODIS и данными РЛС SAR-C. В ходе сравнения было выявлено, что площадь льда по алгоритму ASI может быть как ниже, чем по данным MODIS, так и выше.



Максимальные значения площади льда в Татарском проливе в 2005-2016 гг.

В первом случае, ошибки чаще связаны с начальными формами льда или процессами сопровождающими таяние льда, лужи на поверхности льда являются главной причиной ошибок. Во втором случае, на данные карт сплоченности чаще всего влияет плотная облачность.

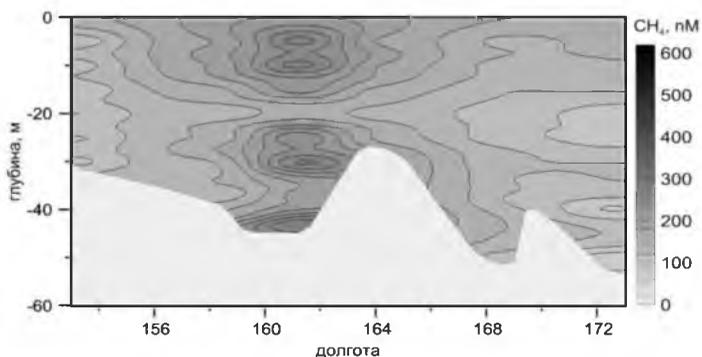
В работе площадь льда рассчитывалась по формуле: $S_{\text{л}} = \sum N \times S$, где N – количество пикселей в области, где сплоченность льда $\geq 15\%$, S – площадь пикселя. Значения для пропущенных дат заполнялись методом стандартного среднего с интервалом в 5 дней. Зимой 2015-2016 гг. площадь льда достигла максимума 19 января и составила 32850 км². Это максимальное значение за весь период наблюдений с 2005 г. Следует принять во внимание, что в этом году 18-20 января Сахалин находился под влиянием глубоко циклона, и плотная облачность, несмотря на применяемые погодные фильтры, могла завязать значения сплоченности льда.

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА МЕТАНА В ВОДАХ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ

К.П. Щербакова

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, Kseniya.Shcherbakova@poi.dvo.ru

Известно, что запасы углерода в форме газовых гидратов, (в основном метана CH₄), и органического углерода на Восточно-Сибирском шельфе (ВСШ) соизмеримы с супер-пулом почвенного углерода в Арктике. Предполагается, что в условиях современного потепления климата, гигантское количество углерода может быть вовлечено в современный биогеохимический цикл вследствие деградации подводной мерзлоты и дестабилизации гидратов ВСШ [2, 3]. Результаты многолетних исследований показывают, что на значительной части ВСШ уже происходит массивированный выброс метана из донных отложений в водную толщу-атмосферу накопленного [4, 5]. Однако, до сих пор отсутствуют данные по изотопному составу метана, что необходимо для понимания его генезиса [1, 6]. Более того, наименьшее количество данных по динамике было получено в Восточно-Сибирском море, по причине его ледовитости – даже в сезон навигации. В данной работе, приведены первые результаты исследования генезиса на основе измерения его изотопного состава, на примере $\delta^{13}\text{C}-\text{CH}_4$ В ходе арктической экспедиции SWERUS-C3 летом 2014 года на борту ледокола Оден были отобраны образцы воды в Восточно-Сибирском море с целью исследования концентрации растворенного метана и значений $\delta^{13}\text{C}-\text{CH}_4$ в воде.



Распределение метана в водной толще исследуемого региона Восточно-Сибирского моря

Высокие концентрации CH_4 были обнаружены по всему разрезу, при этом перенасыщение составляет более чем 200 раз по сравнению с атмосферными концентрациями. Большая часть исследуемого региона была покрыта паковым льдом, в связи с чем максимумы концентраций были обнаружены в поверхностном слое воды подо льдом, что свидетельствует о доминировании пузырькового переноса. В районе массивованного выброса пузырькового метана (факеле) максимум растворенного метана (до 600 нМ) был обнаружен во всей водной толще. Значения $\delta^{13}\text{C}$ метана указывают на наличие биогенного и термогенного источников, с преобладанием второго типа.

Литература

1. Galimov E.M. Isotope organic geochemistry / E.M. Galimov // *Organic Geochemistry*. – 2006. – Vol. 37. – P. 1200-1262
2. Shakhova N. Extensive methane venting to the atmosphere from sediments of the East Siberian Arctic Shelf / N. Shakhova, I. Semiletov, A. Salyuk, V. Yusupov, D. Kosmach, Ö. Gustafsson // *Science*. – 2010. – Vol. 327. – P. 1246- 1250
3. Shakhova N. Geochemical and geophysical evidence of methane release over the East Siberian Arctic Shelf / N. Shakhova, I. Semiletov, I. Leifer, A. Salyuk, P. Rekant, D. Kosmach // *Journal of geophysical research*. – 2010. – Vol. 115. – C 08007
4. Shakhova N. The East Siberian Arctic Shelf: towards further assessment of permafrost-related methane fluxes and role of sea ice / N. Shakhova, I. Semiletov, V. Sergienko, [et al.] // *Philosophical transactions of the Royal Society A*. – Vol.373. – 20140451

5. Shakhova, N. Ebullition and storm-induced methane release from the East Siberian Arctic Shelf / N. Shakhova, I. Semiletov, I. Leifer [et al.] // Nature Geoscience. – 2014. – N 7. – P. 64-70
6. Whiticar M. J. Carbon and hydrogen isotope systematics of bacterial formation and oxidation of methane / M. J. Whiticar // Chemical Geology. – 1999. – Vol. 161. – P. 291–314

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ СИЛЬНЫХ ШТОРМОВ НА ЮЖНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВАХ

В.Е. Ячменёв

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск,
kulikiit@gmail.com*

Данные о высотах и периодах ветровых волн необходимы для решения многих задач (безопасность мореплавания и морских портов, защита морских берегов от абразии и т.д.). Характер волнения во время сильных штормов, в районе Курильских островов изучен пока сравнительно слабо и основывается преимущественно на визуальных наблюдениях на береговых гидрометеорологических станциях. Инструментальные измерения, дающие наиболее точную информацию о характеристиках волнения, крайне немногочисленны. Такие измерения проводятся в последние несколько лет в бухтах острова Шикотан (Южные Курильские острова) с использованием автономных регистраторов волнения и уровня АРВ, основанных на измерениях придонного гидростатического давления (частота измерений 1 Гц). Приборы устанавливались в четырех бухтах – двух на тихоокеанском побережье (Димитрова и Церковная) и двух со стороны Южно-Курильского пролива (Малокурильская и Крабовая). В двух последних, достаточно закрытых акваториях, находятся портпункты, так что наблюдения за волнением представляют определенный практический интерес.

Целью работы было изучение, анализ и сравнение характеристик волновых процессов при сильных штормах в прибрежной зоне о. Шикотан по данным инструментальных измерений.

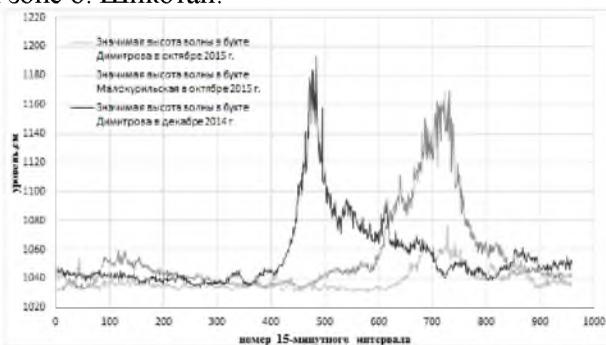
В результате выполненных постановок, были получены продолжительные записи (суммарно от полугода до двух лет в различных бухтах за период 2012-2015 гг.), содержащие ряд

аномальных колебаний, наблюдавшихся при прохождении над Южными Курильскими островами глубоких циклонов. Наиболее сильные штормы были отмечены 17-18 декабря 2014 г. и 8-9 октября 2015 г. В первом случае мощный циклон (давление в центре 955 миллибар, скорость ветра в порывах до 51 м/с) был причиной самого сильного волнения в порту Южно-Курильска (о. Кунашир) за более чем 60-летний период наблюдений, высота волн достигала 4 м (в Южно-Курильском проливе по данным ГМС Малокурильское, высота волн достигала 8 м) [2]. Во втором случае при прохождении тайфуна Choi Wan давление также падало до 955 миллибар, скорость ветра в порывах достигала 48 м/с, высоты волн у побережья о. Шикотан по визуальным наблюдениям достигали 5 м. В бухте Димитрова были получены записи обоих указанных штормов, в бухте Малокурильская – только одного из них, 8-9 октября 2015 г. Рассчитывались высоты волн обеспеченностью 13% (значимая высота волны), 2 и 1%. Также строились диаграммы текущего спектра волнения - спектральные характеристики, рассчитанные по последовательным 15-минутным интервалам, заносились в таблицу, по одной оси, по которой откладывались частоты, по другой - время. Изучалась изменчивость спектральных характеристик во время прохождения циклона в диапазоне периодов от 2 мин до 2 часов для определения отклика резонансных колебаний в бухтах на изменение погодных условий. Наиболее сильный шторм был зафиксирован в бухте Димитрова 17 декабря 2014 г., значимая высота волны составляла 1,7 м. В октябре 2015 г. при прохождении тайфуна Choi Wan, значимая высота волны в бухте Димитрова достигала 1,4 м и была в несколько раз больше по сравнению с значимой высотой волны, в более закрытой бухте Малокурильская, в которой максимальное значение составляло 0,5 м. Это большие величины для сравнительно закрытых от прямого воздействия волнения мест постановки приборов, значительно превышающие значимые высоты волн за остальной период наблюдений.

Диаграммы текущего спектра показали, что при сильных штормах в бухте Димитрова наиболее интенсивные колебания вначале отмечены на периодах 8-9 сек, после чего период спектрального максимума увеличивался до 17-18 с, затем, по мере ослабления шторма, период спектрального максимума возвращался к исходным значениям. В бухте Малокурильская подобных вариаций не было выявлено, при шторме 8-9 октября 2015 г.

выделялось две устойчивых полосы на периодах около 9-11 и 5-6 секунд. На диаграммах текущего спектра при штормах отмечено существенное повышение энергии колебаний в диапазоне инфрагравитационных волн (периоды от 30 до 300 секунд). Причем в этом диапазоне выделяются устойчивые полосы с более высокой энергией колебаний – в Малокурильской бухте на периодах около 3.3 и 4.5 мин, в бухте Димитрова – на периодах 2.2 и 3.3 мин, отвечающие короткопериодным резонансным модам этих бассейнов [1]. Для оценки возрастания энергии колебаний в более низкочастотном диапазоне, характерном для проявления волн цунами (от 2 мин до 2 часов), рассчитывались спектральные характеристики записей по последовательным отрезкам продолжительностью 1 сутки (с половинными сдвигами). Существенное возрастание энергии колебаний при сильном шторме наблюдалось на периодах до 100 мин, наиболее интенсивное – на периодах основных резонансных мод бухт.

Полученные результаты могут быть полезны для обеспечения безопасности мореплавания и хозяйственной деятельности в прибрежной зоне о. Шикотан.



Вариации значимой высоты волны в бухтах Димитрова и Малокурильская в октябре 2015 г. и в бухте Димитрова в декабре 2014 г.

Литература

1. Рабинович А.Б., Левянт А.С. Влияние сейшевых колебаний на формирование спектра длинных волн у побережья Южных Курил // Океанология. - 1992. -Т.32, №1. -С. 29-38.
2. Хузеева М.О. Повторяемость штормового волнения в прибрежной части Южной Курильской гряды по данным наблюдений береговых гидрометеорологических станций // Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска: сборник статей. Владивосток: Дальнаука, 2015. С. 381-385.

СЕКЦИЯ 2 Геология, геофизика и геохимия океана

КРИПТОТЕФРА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ АМУРСКОГО ЗАЛИВА

К.И. Аксентов¹, А.В. Алаторцев²

¹ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, aksentov@poi.dvo.ru

²ДВФУ, г. Владивосток, zer1909@mail.ru

Тефростратиграфия, являясь, частным случаем литостратиграфии, может играть заметную роль в корреляциях разрезов в вулканических районах. При сильных извержениях вулканов, особенно андезито-дацитовых, на расстоянии в сотни и тысячи километров от вулкана происходит отложение больших по мощности слоев пеплов. Впоследствии эти пеплы становятся маркирующими горизонтами, служащими стратиграфическими реперами при изучении осадочных толщ, так как их образование на всей площади происходит почти одновременно и в короткие сроки (от часов до нескольких месяцев). Для Япономорского региона характерно наличие пепловых прослоев в континентальных и морских осадочных толщах, сформированных определёнными крупными извержениями в четвертичном периоде. В тоже время отсутствие диагностируемых тефровых прослоев типично для шельфовых отложений. Тонкодисперсное и легко подвижное в водной среде вулканическое стекло, попадая на поверхность дна, под действием волн и течений выносится в понижения на шельфе или на материковый склон, либо перемешивается с нижележащими обводненными осадками, не формируя отдельных прослоев. Однако шельфовые отложения всё чаще применяются для реконструкции короткопериодных изменений окружающей среды. Прослой рассеянного вулканического стекла (криптотефра) могут существенно корректировать интерпретацию палеонтологических, геохимических, геофизических, минералогических данных о изменении параметров среды в прошлом.

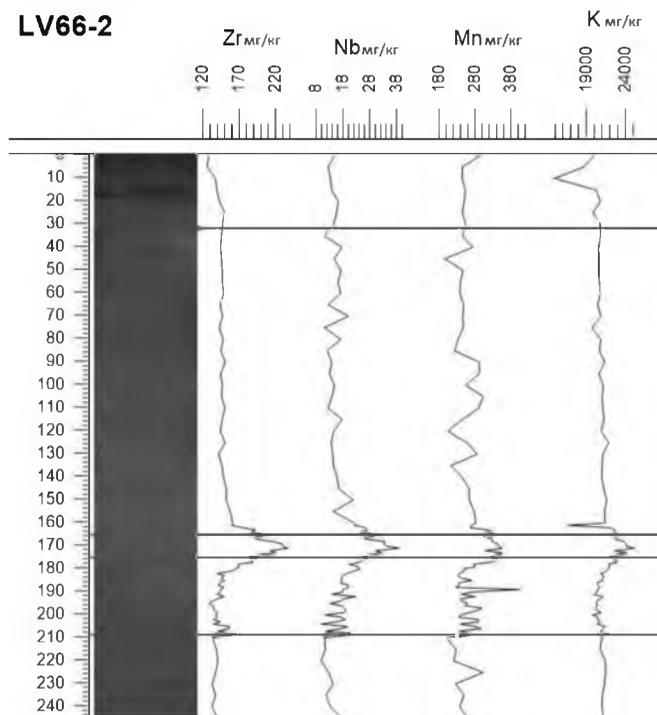
При проведении геохимических работ на акватории Амурского залива Японского моря были получены керны донных отложений мощностью до 5 м. Подготовка образцов и их сканирование рентгенофлуоресцентным микроанализом (РФА) было выполнено по отработанной методике.

При проведении сканирования РФА исследуемых кернов донных отложений были выявлены интервалы, обогащенные некоторыми микроэлементами. По внешним признакам эти прослои не выделяются, инструментально в некоторых случаях отмечается изменение цвета на более светлый, иногда отмечается увеличение объемной массы осадка. При анализе микроскопических препаратов из этих прослоев было установлено присутствие вулканического стекла в количестве до 10-20%. Оно представлено бесцветными пузыристыми или полосчатыми реже желтыми без включений зернами размером до 250 микрон, с преобладанием зерен 10-50 микрон. По этим признакам выделенные прослои осадков со специфическими геохимическими свойствами могут быть идентифицированы как криптотефра.

В последние годы в Японском море по некоторым литохимическим модулям (Ta/Sc, Cr/Eu, Cs/Sc) выделяются многочисленные прослои криптотефры, не идентифицированных ранее по минералогическим показателям. В Охотском море многочисленные прослои криптотефры диагностируются по высоким содержаниям Zr, Hf, Y, HREE и низким - Cr, Rb, Cs, LREE. Изученные нами прослои криптотефры в Амурском заливе хорошо выделяется по повышенным содержаниям Zr, Nb, Mn, K. Такие геохимические особенности характерны для пепловых прослоев вулкана Байтоушань в глубоководных отложениях Японского моря. Нахождение прослоя криптотефры в верхней части голоценового осадочного чехла, имеющего в центральной части Амурского залива мощность 20-25 м, данные сейсмостратиграфической корреляции с изученными разрезами, имеющиеся данные по скоростям осадконакопления в местах отбора колонок позволяют достаточно надежно сопоставлять его с извержением вулкана Байтоушань тысячелетней давности.

Особенностью сканирования РФА СИ является его высокая разрешающая способность (0,5-1,0 мм) определения химических элементов в толще донных отложений и получение непрерывного геохимического ряда. Вследствие этого, используя набор химических элементов и/или их отношений, можно достоверно идентифицировать прослои (и их мощность) с геохимическими аномалиями, которые содержат рассеянное вулканическое стекло. Такой подход может успешно применяться для донных отложений шельфа, где терригенная компонента значительно разбавляет

вещество, поступившее от различных эпизодических событий, какими и являются вулканические извержения.



Геохимические профили в керне LV66-2. Серая заливка - слои, содержащие рассеянное вулканическое стекло.

Литература

1. Аксентов К.И., Калугин И.А., Астахов А.С., Дарьин А.В. Применение сканирующего рентгенофлуоресцентного микроанализа с использованием синхротронного излучения для выявления криптитефры в морских шельфовых отложениях, с 34-38.

МИОЦЕНОВЫЕ РАДИОЛЯРИИ ИЗ ОТЛОЖЕНИЙ ПОДВОДНОГО ХРЕБТА ВИТЯЗЬ (ОСТРОВНОЙ СКЛОН КУРИЛО-КАМЧАТСКОГО ЖЕЛОБА)

Л.Н. Василенко

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, lidia@poi.dvo.ru

Подводный хребет Витязь расположен на тихоокеанском склоне Курильской островной дуги и является подводным продолжением Малой Курильской гряды. К настоящему времени, по обширному материалу драгирования, полученному в многочисленных рейсах, выполненных в этом районе, проведены литологические, минералогические и биостратиграфические исследования [1, 3, 4 и др.]. В результате была получена детальная информация о рельефе, строении и геологическом возрасте пород слагающих фундамент и осадочный чехол. Первая схема по радиоляриям для островного склона Курило-Камчатского желоба (ККЖ) была предложена С.В. Точиловой [5] для отложений эоцена-нижнего миоцена. Позднее, из отдельных районов островного склона были изучены радиолярии мезозойского возраста (О.Л. Смирновой, Л.Г. Брагиной, Т.Н. Палечек), а также олигоцен-раннемиоценового и плейстоценового возраста (Л.Н. Василенко).

Задача настоящей работы заключается в продолжение изучения ископаемых радиолярий с целью дополнения биостратиграфической схемы кайнозоя по радиоляриям для осадочного чехла подводного хребта Витязь.

Материал: 7 образцов драгирования из 2 станций (интервал глубин 2500-2000 м), выполненных в 52 рейсе НИС «Академик Лаврентьев», расположенных на юго-восточном склоне южного плато подводного хребта Витязь. Корреляция осуществлялась с глубоководными разрезами: 1) островного склона Японского желоба (скв. 434В) [6] и (скв. 438А) [9], 2) гайота Детройт (скв. 884В) [7]. Методика радиоляриевоего анализа приведена в работе [5].

Согласно биостратиграфическим принципам по «доминированию» и присутствию видов-индексов в настоящей работе определены ассоциации радиолярий, соответствующие «радиоляриевым зонам» [2, 8, 9] выделенным ранее в северо-западной области Тихого океана.

Ранний миоцен. Ассоциация с *Dendrospyris sakaii* (станция Lv52-11, глуб. 2500-2200 м., туфодиатомит), соответствует одноимённой зоне, выделенной Д.И. Витухиным в неогеновых отложениях п-ва Шмидта (Северный Сахалин) [2] и, позднее, прослеженной С.В. Точиловой на островном склоне Японского желоба (скв. 438А) [9] и гайоте Детройт (скв. 884В) [7]. Первое определение возраста зоны было среднемиоценовым [2], позднее, был установлен её раннемиоценовый возраст – 23,5-21,8 млн. лет [7]. Численность радиолярий в некоторых образцах достигает 1346 экз./г. Раковины имеют хорошую и удовлетворительную сохранность. Вид-индекс занимает 2,28 %. Таксономический состав включает: *Actinomma* ex gr. *denticulatum* Haeckel - 3,26 %, *Actinomma hootsi* Campbell et Clark – 4,23 %, *Stylosphaera angelina* Campbell et Clark group. – 3,26 %, *Spirotunica spiralis* (Haeckel) – 1,63 %, *Spongodiscus craticulatus* Stohr – 1,63 %, *Cornutella hexagona* Haeckel – 1,95 %, *Cyrtocapsa subconica* Nakaseko – 0,33 %, *Dendrospyris* aff. *suganoi* Sugiyama et Furutani – 1.63 % и др. Раннемиоценовый возраст ассоциации подтверждает присутствие значительного числа олигоценых радиолярий (≈ 18 %): *Prunopyle solida* Dreyer – 4,89 %, *Spirotunica haeckeli* (Dreyer) – 0,98 %, *Spiromultitunica circumtexta* Tochilina et Popova – 0,33 % и др. Наблюдается большое сходство таксономического состава раннемиоценовых радиолярий осадочного чехла хребта Витязь с ассоциациями: 1) Северного Сахалина и северо-восточной части Тихого океана (скв. 183) (по фотоизображениям Д.И. Витухина, 1993); 2) Япономорской области [9 и др.]; 3) Норвежского моря (по фотоизображениям К.Р. Бёркдунда, 1976).

Средний-поздний миоцен. Ассоциация с *Lychnocanoma nipponica magnacornuta* (обр. Lv52-12-3, глуб. 2300-2000 м., туфодиатомит), соответствует одноименной зоне, выделенной М. Фунаемой [8] в средне-позднемиоценовых отложениях континентального разреза префектуры Судзу (п-ов Ното, Япония). По данным Р. Тада с соавторами (2015) возраст обсуждаемой зоны в Японском море - 11,8-9,0 млн. лет. Численность радиолярий в ассоциации составляет 304 экз./г. На индекс-вид приходится 2,1 %. Таксономический состав включает: *Haliomma* aff. *medusa* Ehrenberg – 4,3 %, *Stylosphaera sulcata* Ehrenberg – 2,1 %; *Spongopyle setosa* Dreyer – 2,1 %, *Cornutella hexagona* Haeckel – 6,4 %, *Pseudodictyophimus gracilipes* Bailey – 2,1 %, *Theocorys redondoensis* Campbell et Clark - 8,5 %, *Cyrtopera laguncula* Haeckel – 4,3 % и др.

Следует отметить присутствие двух экземпляров *Haliomma* aff. *nobile* Ehrenberg – индекс-вида позднеолигоценовой зоны [7], что может предполагать наличие переотложенных осадков в этом районе.

Поздний миоцен-плиоцен. Ассоциация с *Stichocorys delmontensis-Lithocampe radricula* (обр. Lv52-12-1, глуб. 2300-2000 м., туфодиадомит), соответствует зоне *Lithocampe radricula*, выделенной С.В. Точиной на островном склоне Японского желоба (скв. 438А) [9]. Возраст основания зоны установлен 6,5 млн. лет [7], что соответствует позднемиоценовому времени. Следует отметить, что доминирование индекс-вида *Lithocampe radricula* Ehrenberg отмечается в раннеплиоценовую эпоху. Численность радиолярий в ассоциации составляет 279 экз./г. Индекс-виды *Lithocampe radricula* Ehrenberg (10,5 %) и *Stichocorys delmontensis* Campbell et Clark (7,9 %) имеют хорошую сохранность. В таксономическом составе также встречены: *Hexacantium subtile* Carnevale – 7,9 %, *Haliometta miocenica* Campbell et Clark – 5,3 %, *Spirotunica irregularis* (Dreyer) – 13,2 %, *Lithelius alveolina* Haeckel – 5,3 % и др.

В результате изучения отложений подводного хребта Витязь определены ассоциации радиолярий миоценового-раннеплиоценового возраста. Корреляция радиолярий, встреченных в образцах драгирования с зональными комплексами, выделенными ранее в разрезах глубоководного бурения (скв. 438А, 884В), позволила впервые определить возраст этих ассоциаций и проследить стратиграфическую последовательность вмещающих их отложений.

Литература

1. Васильев Б.И., Жильцов Э.Г., Суворов А.А. Геологическое строение юго-западной части Курильской системы дуга-желоб. М.: Наука, 1979, 105 с.
2. Гладенков Ю.Б., Сальников Б.А., Баранов К.Б. и др., Экосистемы кайнозоя Охотоморского региона. Опорный разрез палеогена и неогена Северного Сахалина (п-ов Шмидта): стратиграфия, палеогеография и геологические события. М.: ГЕОС, 1999. 132 с.
3. Кулинич Р.Г., Карп Б.Я., Баранов Б.В. и др. О структурно-геологической характеристике "сейсмической брешы" в центральной части Курильской островной дуги // Тихоокеанская геология . 2007. Т. 6. No 1. С. 5-19.

4. Терехов Е.П., Можеровский А.В., Цой И.Б. и др. Верхнемеловые и кайнозойские вулканогенно-осадочные комплексы подводного хребта Витязя (островной склон Курило-Камчатского желоба) и история его развития // Тихоокеанская геология. Т. 31. № 3. 2012. С. 24-31.
5. Точилина С.В. Биостратиграфия кайнозоя северо-западной части Тихого океана. М.: Наука, 1985. 134 с.
6. Точилина С.В., Василенко Л.Н. Новые данные по стратиграфии островного склона Японского желоба // Тихоокеанская геология. 2014. Т. 33. № 2. С. 15-30.
7. Точилина С.В. Перспективы применения радиоляриевго анализа для геотектонических моделей севера Императорского хребта (гайотов Детройт и Суйко) // Физика геосфер. Материалы докладов. Девятый Всероссийский симпозиум 21-24 сентября 2015 года. Владивосток. Дальнаука, 2015. С.434-441.
8. Funayama M. Miocene radiolarian stratigraphy of the Suzu area, northeastern part of the Noto Peninsula, Japan. Contrib. Inst. Geol. Paleontol. Tohoku Univ., 1988. V. 91. P.15-41. (in Japanese).
9. Tochilina S.V. Radiolarian analysis for the chronostratigraphy of the Japan trench // Marine environmental and resources in XXI century: Abstracts of the 2nd Russia - China Symposium on Marine Science, 10-13 October, 2012, Vladivostok, Russia. Vladivostok: FEB RAS, 2012. P. 178-180.

ОСОБЕННОСТИ ЛЕДОВОЙ СЕДИМЕНТАЦИИ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ ВО ВРЕМЯ МИС3 (28-59 ТЫС. ЛЕТ НАЗАД)

Ю.П. Василенко, Е.А. Янченко, А.А. Босин, С.А. Горбаренко
ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, vasilenko@poi.dvo.ru

Изучению тысячелетних изменений среды и, в частности, ледовых условий Охотского моря, обусловленных Дансгаард-Ойшгер (ДО) циклами, посвящена серия работ [3-6 и др.]. Тем не менее, окончательной ясности в вопросе о реакции ледовых условия данного моря на эти довольно быстрые изменения глобального климата по-прежнему нет.

Цель настоящего исследования – изучение факторов, влияющих на ледовую седиментацию Охотского моря во время быстрых колебаний глобального климата (ДО циклов, длительностью несколько сотен-первые тысячи лет) морской изотопно-кислородной стадии 3 (МИС 3).

Материалом для данной работы послужили результаты изучения керн донных осадков PC07-R. Керн PC07-R был получен в ходе Российско-Японской экспедиции на НИС «Mirai» в 2006 г. (научный руководитель экспедиции Н. Харада). Координаты местоположения станции отбора $51,28^{\circ}$ с.ш. и $149,21^{\circ}$ в.д., глубина места отбора 1256 м. Для этого керна была разработана детальная возрастная модель, получены данные по процентному содержанию грубой терригенной фракции $>0,63$ мм (ГФ). Кроме того, в данном керне было изучено содержание хлорина, структура и численность ассоциаций радиолярий, а также других индикаторов изменения условий среды [2-4, 7]. Были привлечены опубликованные данные о ледовой седиментации и условиям среды из различных частей Охотского моря [1-7]. Это позволило нам проследить изменения ледовой седиментации в центральной части Охотского моря во время ДО циклов МИС 3.

Во время МИС, характеризующихся суровыми климатическими условиями (например, МИС 2 и МИС 4, 11,7-28 и 59-74 тыс. лет назад, соответственно), в донных осадках Охотского моря происходило существенное увеличение содержания ГФ, обусловленное усилением поставки этой фракции морским льдом [3, 5, 6 и др.]. Это указывает на суровые ледовые условия, в частности, увеличение продолжительности существования ледяного покрова и формирование больших объёмов льда [3-6 и др.]. Тогда как, во время МИС с относительно мягкими климатическими условиями (например, МИС 3 - 28-59 тыс. лет) в донных осадках Охотского отмечается низкое содержания ГФ, обусловленное мягкими ледовыми условиями [3-6 и др.]. Такая ситуация является типичной для осадков из центральной части Охотского моря [3, 5 и др.].

Следовало бы ожидать подобной реакции ледовой седиментации и на коротко-периодичные изменения глобального климата, такие как стадиалы ДО циклов (ДОС, холодные эпизоды) и интерстадиалы ДО циклов (ДОИ, тёплые эпизоды). Как показывают предыдущие [3, 4, 7 и др.] и наши исследования керна PC07-R, для осадков, накопившихся во время ДОС и ДОИ «холодных» МИС, эта закономерность в целом соблюдается.

Однако, во время ДОС (МИС 3) не обнаруживается закономерного увеличения содержания ГФ [7]. При этом отмечается снижение первичной продуктивности и числа скелетов радиолярий, вероятно, указывающие на сокращение

вегетационного периода и поставок органического материала [2, 7]. Напротив, во время ДОИ (МИС 3) отмечается увеличение содержания ГФ, а также наблюдается рост первичной продуктивности и числа скелетов радиолярий, что предполагает увеличение продолжительности вегетационного периода и поставок органического материала [2, 7]. Следовательно, можно утверждать, что ледовые условия в центральной части Охотского моря во время ДОС (МИС 3) были довольно суровыми. По крайней мере, это касается протяжённости и длительности существования ледяного покрова. Также можно уверенно говорить, что во время ДОИ (МИС 3) ледовые условия в центральной части моря были относительно мягкими.

Такое поведение ГФ в осадках из центральной части моря, а следовательно и изменение характера ледовой седиментации, не является типичным для всего Охотского моря [1, 5, 6]. В восточной его части наблюдается чёткая реакция содержания ГФ на короткопериодные изменения глобального климата, выраженная резким ростом ГФ во время ДОС и снижением содержания ГФ во время ДОИ (МИС 3). Тогда как, во время МИС 4 эта закономерность в осадках восточной части Охотского моря нарушается, а во время МИС 2 она меняется на противоположную [1].

Ключ к пониманию этого противоречия дают современные данные по дрейфу морского льда Охотского моря. При интерпретации данных по содержанию ГФ в донных осадках необходимо учитывать, что морской лёд захватывает крупный терригенный материал, преимущественно в прибрежной полосе. Т.е. большая часть ГФ захватывается припаем. Следовательно, от направления и дальности дрейфа припая, после его взлома, зависит поступление ГФ в различные области моря.

Этому факту часто придают второстепенное значение, особенно при рассмотрении колебаний условий среды, вызванных изменением орбитальных параметров вращения Земли. В итоге, как уже отмечалось, высокие содержание ГФ отождествляют с увеличением продолжительности существования ледяного покрова и формированием больших объёмов льда. Тем не менее, наши данные указывают, что при рассмотрении короткопериодных вариаций климата и условий среды изменение содержания ГФ в донных осадках в первую очередь отражают направление и дальность дрейфа льда. Так, низкая первичная продуктивность и не

высокое процентное содержание ГФ в центральной части Охотского моря во время ДОС (МИС 3) [2, 7] предполагают развитие ледяного покрова при незначительном поступлении льда из прибрежной зоны. Наоборот, относительно высокая первичная продуктивность и рост процентного содержания ГФ во время ДОО (МИС 3) [2, 7] указывают на сокращение продолжительности ледяного покрова в течение года и, возможно, на невысокую сплочённость льдов. Вероятно, это способствовало дрейфу льда из прибрежных районов.

Таким образом, для донных осадков центральной части Охотского моря, накопившихся во время ДОС и ДОО (МИС 3), изменение содержания ГФ следует рассматривать как косвенное отражение параметров дрейфа льда.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (научные проекты №16-35-60019 мол_а_дк, № 16-05-00127 а, № 16-55-53048 ГФЕН_а) и Дальневосточного отделения Российской академии наук (программа № 14-ННС-002).

Литература

1. Василенко Ю.П., Горбаренко С.А., Ши К., Лю Я., Цзоу Ц., Босин А.А. Ледовые условия в восточной части Охотского моря во время Дансгаард-Ойшгер циклов последнего оледенения // Геология морей и океанов: Тезисы докладов XX Международной научной конференции (Школы) по морской геологии, 18-22 ноября 2013 г., Москва, Россия. – М.: ГЕОС, 2013, Т.1, С. 170-174.
2. Bosin A., Gorbarenko S., Shi X., Liu Y., Zou J. Regionalized primary paleoproduction variability in the sea of Okhotsk during late Pleistocene and Holocene // *Journal of Asian Earth Sciences*, 2015, Vol. 114, P. 534-540.
3. Gorbarenko S.A., Harada N., Malakhov M.I., Vasilenko Y.P., Bosin A.A., Goldberg E.L. Orbital and millennial-scale environmental and sedimentological changes in the Okhotsk Sea during the last 350 kyr // *Global and Planetary Change*, 2010, Vol. 72, P. 79-85.
4. Nürnberg D., Dethlefs D., Tiedemann R., Kaiser A., Gorbarenko S.A. Okhotsk Sea ice coverage and Kamchatka glaciation over the last 350 ka – Evidence from ice-rafted debris and planktonic $\delta^{18}\text{O}$ // *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 2011, V. 310, P. 191-205.
5. Nürnberg D., Tiedemann R. Environmental change in the Sea of Okhotsk during the last 1.1 million years // *Paleoceanography*. 2004. V. 19. PA4011. doi:10.1029/2004PA001023
6. Sakamoto T., Ikehara M., Aoki K., Iijima K., Kimura N., Nakatsuka T., Wakatsuchi M. Ice-rafted debris (IRD)-based sea-ice expansion events during the past 100 kyrs in the Okhotsk Sea // *Deep Sea Research II*, 2005, Vol. 52, P. 2275-2301.

7. Yanchenko E., Gorbarenko S. Radiolarian responses of the central Okhotsk Sea to the global orbital and millennial scale climate oscillations over last 90 kyr // Journal of Asian Earth Sciences, 2015, Vol. 114, P. 601-610.

**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО ПАМЯТНИКА РЕАЛЬ-АЛЬТО
(ПРОВИНЦИЯ САНТА-ЕЛЕНА, ЭКВАДОР) В 2014 и 2015 гг.**

Л.Е. Васильева

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, lara.vasileva2013@vandex.ru

Памятник Реаль-Альто (Real Alto), (5500 – 3500 л.н.) был открыт Х.Г. Маркосом в августе 1971 г. в ходе разведок, проводившихся в южной части полуострова Санта-Элена. Памятник расположен в юго-западной части Эквадора, в 2.5 км от берега Тихого океана, на серии пологих холмов в бассейне р. Рио-Верде (Lathrap, Marcos, Zeidler, 1977). Он находится в зоне развития позднеплейстоценовой морской террасы, приуроченной к полосе тихоокеанского побережья шириной до 5 км. Высота площадки над уровнем моря от 20 до 25 м, размеры памятника – 600х400 м. В 2014 г. были начаты комплексные исследования памятника. В северной части был заложен раскоп площадью 20 кв. м. Особенная значимость памятника заключается в том, что подобная задача в отечественной науке поставлена впервые, никогда ранее (в дореволюционной, советской, современной) российские археологические экспедиции на территории Эквадора и Южной Америки в целом не работали. Особенности рельефа и климатические условия предопределили разделение аборигенных культур на прибрежные, внутриконтинентальные (предгорья и горные области Анд) и амазонские.

Наибольший интерес представляло исследование раковинной кучи, содержащей зоологический материал культуры вальдивия. При разборке культурного слоя весь грунт был просеян для максимально полного исследования фаунистических и ботанических остатков.

В 2014 - 2015 году на раскопах памятника Real Alto (провинция Санта Елена, Эквадор), с условных пластов 1, 2, 3 собрано 1509 костей млекопитающих и рыб. Доля костей наземных млекопитающих составила 56%. До рода удалось определить 47% костей млекопитающих. Список видов диких млекопитающих включает парнокопытных и хищных. Все эти виды широко

распространены в природе, и в исследуемый период не являлись редкими в районе расположения поселения. Количественно в остатках преобладают кости парнокопытных, а именно кабана, козы и оленя. Неопределимые до вида кости млекопитающих разнесены на 3 условные группы: «крупные копытные», «мелкие копытные» и «осколки». Характер раздробленности костей в разных объектах можно оценить по доле неопределимых костей. Наибольшее количество костных остатков было обнаружено в слоях 2.3 и 3. Основную массу составили неопределимые кости млекопитающих и кости рыб. Так же, в наибольшем количестве в пластах встречены остатки козы (*Pudu mephistophiles* – Северный Пуду самого мелкого представителя Cervidae - Оленевых) и крупных копытных (вероятно *Odocoileus virginianus* – Белохвостого оленя). Т.к. это единственный самый крупный представитель Cervidae для этой местности. Единственный представитель семейства Carnivora – Хищные, был представлен собакой *Canis familiares*.

Морские млекопитающие были встречены только в слое 3. И были представлены, судя по костям, останками китовых. Остатки беспозвоночных, собранные в контрольных раскопах, относятся не менее чем к 21 виду двустворчатых (52%) и 18 видам брюхоногих (48%) моллюсков и 1 виду Loricata (1%).

С учетом экологических особенностей и по ряду морфологических признаков морские беспозвоночные из раковинной кучи разделены на морской эпифаунальный и морской инфаунальный комплексы.

Морской эпифаунальный комплекс включает в себя слабоприкрепленные и подвижные донные виды беспозвоночных: *Pecten (Oppenheimopecten) vogdesi*, *Argopecten circularis*, *Mytilidae*, *Pinna rugosa*, *Pteria sterna*, *Tegula sp.*, *Astraea (Uvanilla) buchii*, *Comus sp.*, *Pitar sp.* Основные способы получения – путем добычи на мелководье и сбор штормовых выбросов. В состав инфаунального комплекса входят закапывающиеся в грунт дна виды беспозвоночных. *Solen sp.*, *Malea ringens*, *Corbula sp.*, *Donax sp.* Способ получения комбинированный – сбор штормовых выбросов и ручная добыча на средних глубинах 0, 5-3, 5 м.

Основную численность составляют *Anadara* и *Cerithidea valida* 6634 и 3878 соответственно, на их долю приходится более 80 % объема, которые относятся к одному биоценозу мангровых лесов. Самые крупные скопления анадары обнаружены в слоях 2

и 4. А так же остальные представители класса *Bivalvia* были массово представлены в этих пластах. Доминирование *Anadara* и *Cerithidea valida*, свидетельствует о промысловых скоплениях моллюска на данной территории. Данные виды являются самыми массовыми и крупными представителями моллюсков прибрежных мангровых зарослей. Церитидея обитающая на корнях мангров так же является легкодоступным ресурсом. Это могло служить ориентацией для добычи именно этих видов. Церитидея напротив, наиболее массово была представлена в пластах 2.2 и 2.3. Как и другие представители класса *Gastropoda*.

Второе место по численности занимают *Ostrea* и *Pecten (Oppenheimopecten) vogdesi (Argopecten circularis)* 693 экз. и 583 экз. соответственно, которые входят в биоценоз песчано-галечных грунтов. Основные скопления раковин были в слоях 3 и 4. Обитают на глубинах от 1 до 130 м. Таким образом, основные способы – путем добычи на мелководье и сбор штормовых выбросов.

Так же можно выделить третью группу доминантов, представленных *Pteria sterna* и *Corbula*, 69 экз. и 107 экз. соответственно. Первая обитает на мелководье вдоль побережья, диапазон глубин составляет от 2,6 до 20 м. Вид солоноватоводных двустворчатых представлен встречающейся корбулой – руководящим видом в эстуарном комплексе. Обитают в эстуарной зоне, цепляясь с помощью биссуса под камнями или среди гравия. Адаптированы для существования в солоноватой и пресной воде.

А так же, представители типа брюхоногих моллюсков *Astraea (Uvanilla) buchii* – 132 экз., *Tegula sp.* – 54 экз., *Malea ringens* – 41 экз. Входят в биоценоз песчано-галечных грунтов. *Malea ringens* имеет очень большую раковину, населяет песчаные грунты. Остальные представители типов *Gastropoda* и *Bivalvia* были встречены в наименьшем количестве. Это моллюски средних размеров. В основном, так же приуроченные к песчано-галечным грунтам. Обитающие на небольших глубинах зачастую в приливно-отливной зоне. И приносились на поселение скорее в виде прилова к основным группам добываемых моллюсков.

Итоги работ по проекту позволяют моделировать различные сценарии реализации адаптационных стратегий в неолитическое время в прибрежной зоне юга Дальнего Востока России (комплексные охотники и собиратели) и в рамках

раннеформативного периода тихоокеанского побережья Эквадора (ранние земледельцы с высокой долей охоты и морского собирательства).

ГАЗОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДАГИНСКОЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

А.Л. Веникова

ТОИ ДВО РАН, Владивосток, anett29@mail.ru

Дагинская гидротермальная система (ДГС) находится на северо-восточном побережье о.Сахалин в п. Горячие ключи. Поле источников представляет собой заболоченную лагуну с множеством газифицирующих кратеров различного диаметра и глубины. Во время прилива происходит затопление практически всей площади лагуны. На ощупь вода в кратерах тёплая, в отличие от горячих окултуренных источников, расположенных по кромке берега, и используемых в лечебных целях.

Геологическое строение района ДГС представлено неогеновыми (мощность 3500-3900м) и четвертичными (мощность 3-4м) отложениями. Район приурочен к Восточно-Сахалинскому антиклинорию. Структура представляет собой брахиантиклиналь северо-северо-восточного простирания. Свод складки широкий и пологий, по всей складке развиты многочисленные дизъюнктивные нарушения [1]. Отобранные осадки с ДГС представлены пелит-алевритом темно-серого цвета с содержанием до 70% органических остатков (спикулы губок, диатомеи). Рентгенофазовый анализ глинистой фракции показал наличие гидрослюда, хлорита, смектита, кварца, кальцита, плагиоклаза. Основным аутигенным минералом является фрамбоидальный пирит (до 90% тяжелой подфракции).[4]

Данные, полученные лабораторией «газогеохимии» ТОИ ДВО РАН в 2005, 2007, 2012 годах, показали преимущественно метановый состав газа ДГС. В июне 2012 г. было проведено опробование в 6-ти точках газифицирующего поля и в 1-ом лечебном источнике «Молодость». Концентрации CH_4 составили 88,3 - 93,7 %, CO_2 0,133 - 0,475%, в некоторых пробах обнаружен C_2H_6 до 0,052 %. Анализ проб газа на содержание He и H_2 показал следующие значения: He 0,00037 – 0,0025%, H_2 0,0001 - 0,0049%.

(Анализ на He и H₂ – Мальцева Е.В.) Присутствие He возможно указывает на глубинный характер источника газа ДГС. Изотопный состав углерода CH₄ (в среднем -63.2‰), вероятно, свидетельствует о смешанном генезисе газа [2]. Из выше сказанного можно сделать вывод, что газ поступает из глубины, а в приповерхностных условиях активно происходят микробные процессы, что в итоге отражается на составе исследуемого газа. ДГС находятся в районе нефтегазовых месторождений, поэтому можно предположить, что источником газа являются залежи углеводородов.

Лабораторией «газогеохимии» ТОИ ДВО РАН проводится изучение потоков метана в Охотском море. Во время исследований было обнаружено многочисленное количество выходов метана, которые приурочены к зонам разломов. Было выявлено, что источниками метана в районе исследований являются нефтегазовые залежи, бактериальная продукция и разрушающиеся газовые гидраты [3].

Проанализировав данные, полученные в результате этих исследований, были сделаны предположения о сопряженности гидротермальной деятельности на побережье о.Сахалин с потоками метана в Охотском море. Поскольку изучение этих процессов в море осложняется не малыми глубинами, исследование на суше помогает решить данную проблему и изучить процесс поступления метана в атмосферу.

Литература

1. Геология СССР. Т. 33. Остров Сахалин. М.: Недра, 1970. 431 с.
2. Дмитриевский А.Н., Валяев Б.М. Распространение и ресурсы метана газовых гидратов // Наука и техника в газовой промышленности: научно-технический журнал. М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2004. - С. 5-13.
3. Комплексные геологические, гидрологические, газогеохимические исследования в районе распространения газовых гидратов в Охотском море: отчет по результатам экспедиционных исследований по проекту «СНАOS-3» в 39 рейсе НИС «Академик М.А. Лаврентьев», 24 мая – 19 июня 2006г. / ТОИ ДВО РАН; рук. Обжиров А.И.; исполн. Николаева Н.А. (и др.). Владивосток, 2006. 62с.
4. Сорочинская А.В., Шакиров Р.Б., Веникова А.Л., Пестрикова Н.Л. Элементы-примеси в современной сопочной брекчии грязевых вулканах о-ва Сахалин // Вестник КРАУНЦ. 2015. № 1, Вып. 25. С. 19-30

ВИДОВОЙ СОСТАВ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ (КОЛОНКА 63-41-2)

А.В. Артёмова, А.С. Владимиров

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, artemova@poi.dvo.ru; reisende@yandex.ru

Актуальность реконструкции палеоклиматических изменений северной части тихоокеанского региона остаётся на стабильно высоком уровне. Данные, полученные с помощью методов палеоокеанологии, расширяют представления о динамике геологических и климатических изменений, протекавших в прошлом, тем самым создавая условия для реконструкции палеосреды и палеопродуктивности изучаемых вод, как отражение палеоклиматических флуктуаций. В современном фитопланктоне одной из доминирующих групп являются диатомовые водоросли; они же преобладают в осадочных породах кайнозойских отложений дальневосточных морей [5]. Этот факт позволяет использовать подсчёт количества створок и определение видового состава диатомовых комплексов для палореконструкций условий их формирования [2]. Диатомеи обладают хорошо выраженной реакцией на экологические изменения в природной среде [3], проявляющейся, главным образом, в смене видов-доминантов в ответ на изменения окружающей среды. После завершения жизненного цикла водоросли, её кремниевые створки выпадают на дно водоёма, где и происходит их погребение. Таким образом, происходит формирование донных отложений, которые накапливают сведения об эволюции водных экосистем в прошлом [4]. Поэтому целью наших исследований было изучение региональных палеоклиматических флуктуаций северо-западной части Тихого океана (ледовой ситуации, солёности, гидрологических изменений) на высокоразрешающей шкале, а также поиск критериев для надёжной палореконструкции методом диатомового анализа.

Исследование видового состава диатомовых водорослей было проведено путём изучения комплексов диатомей из проб колонок донного грунта LV63-41-2 с материкового склона полуострова Камчатка с глубины 1900 м. Пробы отбирались через сантиметр колонки на протяжении 45 см, что соответствует последним 4500 лет (возраст среднего и позднего голоцена). Перенос водных масс в этом районе осуществляется с севера на юг

и определяется Камчатским течением [1]. На протяжении изученного интервала колонки в осадках преобладают планктонные океанические и неритические холодноводные виды. Доминантами, в большинстве случаев является умеренно холодноводный океанический вид *Neodenticula seminae* (Sim. et Kanaya) F.Akiba & Y.Yanagisawa. Субдоминанты комплексов виды рода *Chaetoceros*, в частности, *Ch. furcellatus* Yendo и *Ch. subsecundus* Hustedt, а также *Thalassiosira gravida* Cleve. Относительно часто встречаются *Thalassiosira trifulta* Fryxell, *Coscinodiscus oculus-iridis* Ehrenberg, *Odontella aurita* Brebisson et Godey, *Rhizosolenia hebetata* Gran f. *hiemalis* Gran и *Actinocyclus curvatulus* Janish. Эпизодически встречается бентические виды рода *Cocconeis*, что косвенно указывает на привнос с вышележащих участков склона. На основе изменений численности диатомей в 1 г. воздушно-сухого осадка, изменений доминирующих видов и экологических групп диатомей было выделено шесть диатомовых комплексов.

Комплекс 1 (45-42 см). Количество створок диатомей колеблется от 20,9 и до 41,7 ств. на грамм $\cdot 10^6$. Комплекс представлен доминантом *N. seminae* (до 47,6%), субдоминантом *T. gravida* (до 22%), также присутствуют холодноводные океанические виды. Количество створок диатомей на грамм постепенно уменьшается, при этом растёт видовое богатство. Происходит спад количественной доли всех групп диатомей за исключением *N. seminae*, *Chaetoceros spp.*, а также незначительного повышения доли океанических видов.

Комплекс 2 (42-32 см). Количество створок диатомей резко повышается и колеблется от 31,5 до 109 $\cdot 10^6$. Комплекс представлен также доминирующими видами *N. seminae* (до 54%) и *T. gravida* (до 44%). Комплекс отличается от предыдущего резко возросшим количеством створок диатомей на грамм, при увеличивающемся видовом богатстве океанических видов. Сильно возрастает доля ледово-неритического вида *T. gravida*, достигая своего максимума по всей колонке. Доля участия *Odontella aurita*, являющегося показателем определённого распределения поверхностного слоя воды, резко растёт, находясь в противофазе с *T. gravida*. Достигает максимального количества содержание спор рода *Chaetoceros*.

Комплекс 3 (32-26 см). Количество створок диатомей колеблется от 38,9 до 56,4 $\cdot 10^6$. Комплекс представлен

доминантами *T. gravida* (до 43%), *N. seminae* (до 36,5%), также присутствуют холодноводные океанические виды. Комплекс характеризуется появлением тепловодных видов диатомовых, сниженным по сравнению с предыдущим комплексом количеством створок, однако после спада общего количества на границе с комплексом два, наблюдается небольшое повышение с последующим спадом. Видовое богатство увеличивается до максимального за изученный промежуток.

Комплекс 4 (26-14 см). Количество створок диатомей колеблется от 54,7 до $84,5 \cdot 10^6$. Доминанты комплекса те же. По сравнению с предыдущим комплексом, растёт количество створок диатомей на грамм, при общем спаде видового богатства. Растёт количество океанических видов, при этом постепенно уменьшается количество видов, связанных со льдом.

Комплекс 5 (14-4 см). Количество створок диатомей колеблется от 53,8 до $78 \cdot 10^6$. Комплекс представлен доминированием *N. seminae* (до 46,7%) и *T. gravida* (до 29,3%) и отличается наличием пресноводных форм диатомовых водорослей, а также постепенным спадом общего количества створок на грамм. При этом на 6-7 сантиметре наблюдается пик видового богатства, что отличается от довольно стабильного состояния предыдущего комплекса. Количество океанических видов здесь после некоторого повышения выходит на плато, которое оканчивается на 8-9 сантиметре. Количество прилёдных видов постепенно уменьшается, однако на фоне общего снижения заметно три пика.

Комплекс 6 (4-0 см). Количество створок диатомей колеблется от 92,2 до $106,3 \cdot 10^6$. Комплекс характеризуется довольно резким повышением общего количества створок на грамм. После небольшого пика происходит плавный спад видового богатства, падает количество океанических форм. После небольшого плато возрастает количество прилёдных форм, одновременно падает количество створок *O. aurita*. Падает количество *N. seminae*. После пика на 2 сантиметре падает количество *Chaetoceros spp.* Количество *Actinocyclus spp.* на этом промежутке в целом стабильно.

Литература

1. Атлас океанов. Тихий океан/ Главное управление навигации и океанографии Министерства обороны СССР, 1974. – 324 с.

2. Горбачик Т.Н., Долицкая И.В., Копяевич Л.Ф., Пирумова Л.Г. Микропалеонтология/ Москва: Издательство Московского Университета, 1996. – 112 с.
3. Пушкарь В.С., Черепанова М.В. Диатомеи плиоцена и антропогена Северной Пацифики: (стратиграфия и палеоэкология / Владивосток: Дальнаука, 2001. – 228 с.
4. Сутченкова О.С., Митрофанова Е.Ю. История изучения диатомовых водорослей в донных отложениях озера Телецкое // Мир науки, культуры и образования. – 2011. - №5 (30). – С. 247.
5. Imbrie, J., Imbrie, K. P. Ice Ages. Solving the mystery / New Jersey: Hillside. – 1979. – P. 105-122; 158-202; 217-223

НАКОПЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ, ПОДВЕРЖЕННЫХ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКЕ (НА ПРИМЕРЕ СЕВАСТОПОЛЬСКИХ БУХТ, ЧЕРНОЕ МОРЕ)

К.И. Гуров, Е.И. Овсяный, С.К. Коновалов

Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь,

gurovki@gmail.com

Прибрежные районы Крыма в течение длительного времени испытывают значительную антропогенную нагрузку. Прибрежная часть является зоной интенсивного судоходства и хозяйственной деятельности. Береговая часть активно используется для сельскохозяйственных, промышленных и рекреационных целей. Для побережья Крыма характерна высокая плотность населения и развитая городская инфраструктура. Все это приводит к поступлению в морскую прибрежную среду значительного количества органического вещества и биогенных элементов антропогенного происхождения. Результатом этого является развитие процессов эвтрофикации (увеличения потока органического углерода в систему) и накопление органического вещества в донных отложениях.

Содержание органического вещества является одним из основных факторов, определяющих протекание биогеохимических процессов и влияющих на изменение окислительно-восстановительных условий [2], содержание и перераспределение различных загрязняющих веществ, включая тяжелые металлы [4,6].

В данной работе на примере бухт Севастополя (Севастопольская, Балаклавская, Казачья) рассмотрены особенности накопления органического вещества в зависимости от влияния ряда естественных (геоморфологии, гидродинамики, гидролого-гидрохимического режима, особенностей осадконакопления) и антропогенных факторов. Севастопольская и Балаклавская бухты относятся к полузамкнутым акваториям эстуарного типа с затрудненным водообменом, длительно подвергающимся антропогенному воздействию [1]. Бухта Казачья, имея свободный водообмен с глубоководной частью моря, в наименьшей степени подвержена антропогенному воздействию. Ранее выполненные работы [3, 4, 7] показали, что Севастопольская и Балаклавская бухты относятся к типу водоемов, в которых преобладают процессы накопления органических веществ. Высокие уровни содержания органического углерода в донных отложениях являются следствием совокупного воздействия длительной антропогенной нагрузки и ряда естественных физических и физико-химических факторов. Сочетание этих факторов определяет пространственные особенности накопления органического углерода (табл.).

Таблица. Органическое вещество ($C_{орг}$, %), карбонатность ($CaCO_3$, %) донных осадков севастопольских бухт (слой 0 – 5 см)

Акватория	Число станции	$C_{орг}$, %		$CaCO_3$, %		Источник
		средне	диапазон	средне	диапазон	
Севастопольская бухта, 2003-2008 в т.ч. Южная бухта	62	4,4	0,97 – 11,6	34,5	18,9 – 68,6	[3,7]
	16	5,4	2,71 – 7,22	27,6	18,7 – 38,9	
Южная бухта, 2015	8	4,6	3,3 – 5,89	32,7	27,5 – 42,0	эта работа
Балаклавская бухта, 2005	15	2,4	0,66 – 4,83	40,1	18,8 – 82,9	[4]
То же, 2015	16	1,4	0,15 – 2,80	42,2	18,4 – 99,1	эта работа
Казачья бухта, 2002	12	1,8	0,11 – 4,55	78,0	44,1 – 99,9	[2,6]
То же, 2015	6	2,7	0,39 – 6,1	54,2	38 – 98,5	эта работа

Для большей части Севастопольской бухты характерны донные отложения с содержанием органического углерода 3 – 10%, и лишь у входа в бухту эта величина снижается до 1,5 – 2%. Такие отложения занимают менее 1/5 площади дна бухты.

Среднее содержание органического углерода в донных отложениях Балаклавской бухты примерно в два раза ниже, по сравнению с Севастопольской бухтой, хотя ее акватория также была длительно подвержена значительной антропогенной нагрузке. Проведенный сравнительный анализ результатов исследования 2005 [4] и 2015 гг. показал, что содержание органического углерода сократилось с 0,66 – 4,83% в 2005 до 0,15 – 2,8% в 2015 г. Тенденция к снижению накопления органического вещества, по-видимому, связана с уменьшением антропогенной нагрузки на акваторию в последние десять лет.

Бухта Казачья до недавнего времени считалась одной из наиболее чистых севастопольских бухт. Однако увеличение за последнее десятилетие антропогенной нагрузки на экосистему акватории (значительное расширение городской застройки в прибрежной зоне и использования бухты для рекреации) привело к резкому увеличению содержания органического углерода в донных отложениях (табл.). По сравнению с данными 2002 года среднее содержание органического углерода возросло в 1,5 раза, а в южной части бассейна в 7,5 раз. Вполне ожидаемо более высокое содержание органического углерода отмечено в кутовых частях бухты.

Содержание CaCO_3 , в исследуемых акваториях наоборот уменьшилось, за исключением Балаклавской бухты, где в результате увеличения доли гравийно-песчаного материала среднее значения содержания карбоната кальция увеличилось на 2%.

Исследование влияния обогащения донных отложений органическим углеродом на прибрежные сообщества макробентоса Черного моря показало [5], что характерный для севастопольских бухт уровень органического вещества 25-30 мгС/г (2,5 – 3% мас) и более приводит к негативному воздействию на состояние макрофауны, вызывая структурные перестройки в сообществе бентоса (снижение видового разнообразия и др.), а также к существенному изменению геохимических характеристик, развитию зон гипоксии и сероводородного заражения

Литература

1. Иванов В.А., Овсяный Е.И., Репетин Л.Н., Романов А.С., Игнатъева О.Г. Гидролого-гидрохимический режим Севастопольской бухты и его изменения под воздействием климатических и антропогенных факторов. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006, 90 с.
2. Игнатъева О.Г., Овсяный Е.И., Орехова Н.А. и др. Физико-химические характеристики донных отложений бухты Казачьей (Черное море), как показатели ее экологического состояния. //Учен. зап. Таврич. Нац. ун-та им. В.И. Вернадского, серия биол., химия, 2005, том 18 (58), №2, с. 43 – 49.
3. Моисеенко О.Г., Орехова Н.А. Исследование механизма многолетней эволюции цикла углерода в экосистеме Севастопольской бухты // Морской гидрофизический журнал, 2011, №2, с.72 – 83.
4. Овсяный Е.И., Котельянец Е.А., Орехова Н.А. Мышьяк и тяжелые металлы в донных отложениях Балаклавской бухты (Черное море) // Морской гидрофизический журнал, 2009, №4, с. 67 – 80.
5. Петров А.Н. Реакция прибрежных макробентосных сообществ Черного моря на органическое обогащение донных отложений // Экология моря, 2000. Вып. 51, с.45-51.
6. Романов А.С., Орехова Н.А., Игнатъева О.Г. и др. Влияние физико-химических характеристики донных осадков на распределение микроэлементов на примере бухт Севастополя (Черное море) // Экология моря, 2007. Вып. 73, с. 85 – 90.
7. Osadchaya N. S., Ovsyaniy E. I., Kemp R. et al. Organic carbon and oil hydrocarbons in bottom sediments of Sevastopol bay (the Black Sea) // Mar. Ecol. J.– 2003.– 2, №2.– P. 94 – 101.

ВЫДЕЛЕНИЕ ГЛУБИННЫХ РАЗЛОМОВ НА О. САХАЛИН ПО ДАННЫМ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ЗОНДИРОВАНИЙ

А.Ю. Жуковин, В.М. Никифоров, Г.Н. Шкабарня
ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, zhukovinau@poi.dvo.ru

В последние годы резко вырос интерес к магнитотеллурическим (МТ) исследованиям в нефтегазописковом комплексе геофизических работ [5, 6]. Хорошо известные достоинства МТ-методов – глубинность освещения разреза, проведения работ в труднодоступных районах и т.д. стали реализуемыми благодаря успехам в развитии методик, аппаратурных и вычислительных средств. Как показал опыт предшествующих работ в различных нефтегазоносных областях

континента и шельфа, важное прогностическое значение имеет учет позиции исследуемого района относительно структуры земной коры и верхней мантии, главным образом глубинных разломов [2-4]. Они способствуют созданию в осадочном чехле и трещинном основании структур, благоприятных для локализации углеводородов. В то же время, зоны динамического влияния разломов являются потенциально сейсмоактивными территориями. Обычно глубинные разломы выделяются по комплексу геолого-геофизических признаков: геоморфологическим, структурно-тектоническим, литолого-петрографическим, геофизическим. Магнитотеллурические (МТЗ) и магнитовариационные (МВЗ) методы отличаются глубиной освещения геоэлектрического разреза и высокой чувствительностью к выделению вертикальных проводящих (флюидонасыщенных) неоднородностей [1].

Для выделения глубинных разломов в 2015 году проведены длительные наблюдения электромагнитного поля в пяти пунктах Южного Сахалина в диапазоне периодов $10\text{ с} < T < 10000\text{ с}$, а также использованы результаты магнитотеллурических зондирований в диапазоне периодов $10\text{ с} < T < 3600\text{ с}$, выполненных в конце прошлого века с целью решения задач поиска нефти и газа [2, 3]. Совместная интерпретация этих зондирований позволила установить параметры глубоких горизонтов тектоносферы и проверить обоснованность выделения аномалий кажущегося сопротивления по данным предшествующих работ.

Основной особенностью результатов МТЗ о-ва Сахалин является выявленное аномальное поведение кажущегося сопротивления, не находящее объяснения в рамках известных моделей тектоносферы. Максимально эти аномалии проявляются в кажущемся сопротивлении, измеренном вкрест простирания региональных структур фундамента и выражаются в непрерывном монотонном росте значений по мере увеличения периодов вариаций электромагнитного поля. На периодах свыше 500 с значения ρ_k достигают десятков тысяч Ом·м, что на несколько порядков превышает диапазон возможных значений кажущегося сопротивления, связанных с любыми известными моделями слоистого разреза тектоносферы. Для объяснения этих аномалий предложена геоэлектрическая модель, включающая в слоистый разрез тектоносферы вертикальную разломную систему сверхглубокого заложения. Её элементами являются высокоомные вертикальные пласты, расположенные под литосферой в

электропроводящей астеносфере, и низкоомные субвертикальные пласты, пронизывающие всю относительно высокоомную литосферу. Исключение из этой системы любого элемента приводит к резкому ослаблению аномального поведения поперечного кажущегося сопротивления.

На основании численного моделирования данных МТЗ построен геоэлектрический разрез по профилю, пересекающему Татарский пролив, о-ов Сахалин и шельф Охотского моря. Установлено, что аномальный характер поперечных кривых ρ_k в центральной части острова вызван вертикальными проводниками, пронизывающими литосферу и обеспечивающими гальванический контакт осадочной толщи с астеносферой. На востоке острова такими проводниками являются электропроводящие крутопадающие плоскости глубинных разломов: Пильтунского, Дагинского, Лунского, Пограничного. На западном побережье Сахалина избыточная проводимость не обнаружена. Это позволяет считать, что гальваническая связь осадочной толщи с астеносферой здесь осуществляется посредством каналов очагового типа – цепочкой вулканических жерл. Важным элементом глубинного геоэлектрического разреза Сахалина является высокоомное вертикальное включение, нарушающее горизонтальную слоистость литосферы и астеносферы (2000–5000 Ом·м). Его верхняя кромка очевидно располагается в средней части земной коры, а корни уходят глубоко в астеносферу. Ось рассматриваемого включения простирается в меридиональном направлении проходя по центру Сахалина. Это подтверждает представление о существовании Срединно–Сахалинского разлома глубокого заложения, эволюция которого способствовала образованию самого острова [6].

Таким образом, совместная интерпретация данных новых и предшествующих работ методом МТЗ на Сахалине позволила впервые убедительно показать, что в формировании магнитотеллурических аномалий важный вклад вносят крутопадающие низкоомные и высокоомные линейные тела, пронизывающие всю толщу литосферы и уходящие глубоко в астеносферу. Этот факт является прямым доказательством существования глубинных и сверхглубинных разломов – зон по которым флюиды мантийного происхождения имеют возможность миграции в осадочную толщу и на дневную поверхность. Низкоомные каналы, обеспечивающие гальваническую связь проводящей астеносферы с осадочной толщей, одновременно

являются каналами притока метана мантийного происхождения. Следовательно, структуры трещиноватого анизотропно-проводящего комплекса, прилегающие к этим каналам, наиболее благоприятны для образования скоплений углеводородов.

Литература

1. Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И., Куликов В.А. Чувствительность глубинного магнитотеллурического зондирования к наличию флюидонасыщенных разломов // Физика Земли, 1994, №6. с. 39-49.
2. Никифоров В.М., Альперович И.М., Гаврилов А.И., и др. Аномалии электропроводности земной коры на Северном Сахалине и связь с ними месторождений нефти и газа // Докл. АН СССР. 1985, т. 285, № 3, с. 678-681.
3. Никифоров В.М., Альперович И.М., Гаврилов А.И., и др. Строение осадочной толщи Северного Сахалина (по данным МТЗ) // Тихоокеанская геология. 1987. № 3. с. 52–59.
4. Kerry W.Key, Steven C. Constable and Chester Y. Wiss. Mapping 3D salt using the 2D marine magnetotelluric method: Case study from Gemini Prospect, Gulf of Mexico // Geophysics, vol.71, NO. 1 (January - February 2006), P. B17-B27.
5. Steven C. Constable, Arnold S. Orange, G. Michael Hoversten and H. Frank Morrison. Marine magnetotellurics for petroleum exploration Part 1: A sea-floor equipment system // Geophysics, vol.63, No. 3 (May-June 2006), P. 816-825.
6. Харахинов В.В. Нефтегазовая геология Сахалинского региона. – М.: Научный мир, 2010. 276 с.

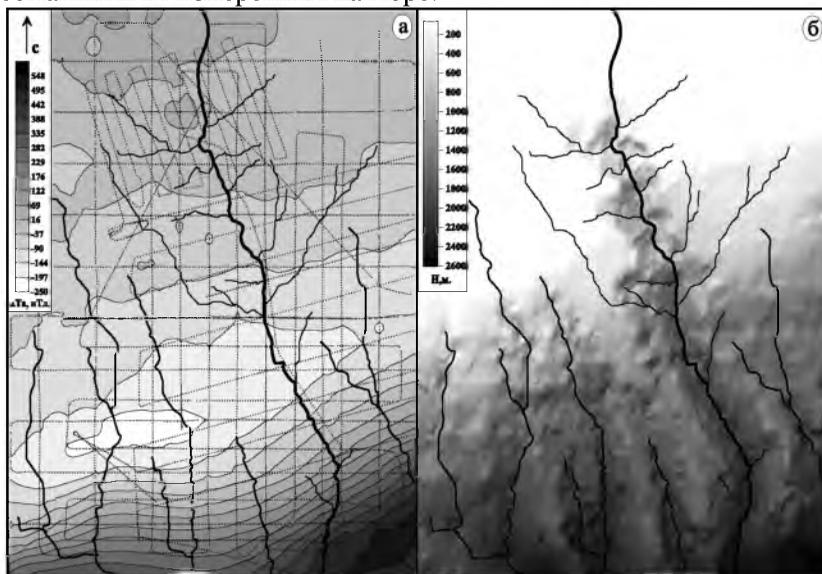
АНОМАЛЬНОЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ГАМОВСКОГО КАНЬОНА (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

С.А. Зверев, А.С. Теличко

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, zverev_84@mail.ru

В 2013 и 2015 гг. выполнена детальная гидромагнитная съемка большого Гамовского каньона и прилегающего участка континентального склона. Для картирования и выделения низкоамплитудных аномалий, представляющих поисковый интерес, повышена точность геомагнитных измерений и точность их географической привязки. Это достигнуто за счёт использования, разработанных в лаборатории электромагнитных полей и лаборатории гравиметрии ТОИ ДВО РАН, регистрирующего оборудования, программного обеспечения, а

также методических приёмов измерений и обработки данных. Среднеквадратическая погрешность съёмки, оцененная на основании двойных равноточных наблюдений в узлах пересечения профилей, составила 1,21 нТл, что соответствует высокоточным геомагнитным измерениям на море.



Корреляция магнитного поля (а) с рельефом дна (б) Гамовского каньона

Аномальное магнитное поле (АМП) неоднородно, характеризуется положительными и отрицательными амплитудами. Отрицательная магнитная аномалия овальной формы имеет юзз-свв простирание. Происходит увеличение амплитуды АМП в южном и северном направлении. В северной части района выделены локальные низкоамплитудные положительные магнитные аномалии. В южной части увеличение амплитуды АМП происходит интенсивнее в направлении понижения глубины моря на континентальном склоне. В северной части наблюдается прямая корреляция АМП и рельефа, в южной части обратная корреляция этих параметров. Возможно, положительная магнитная аномалия в глубинной части Гамовского каньона определяется намагниченностью вулканогенного материала, предположительно эффузивов [1]. Морфоструктурные особенности Гамовского каньона не отражены в АМП. Это косвенно свидетельствует о наличии мощного

слабомагнитного осадочного покрова отложений «русла?»». Возможная модель палеорусла Гамовского каньона, показана на рис. (а) и (б) толстыми извилистыми линиями. Формирование толщи русловых отложений и рельефообразование на участке большого Гамовского каньона может быть результатом деятельности мутьевых суспензионных потоков, обладающих значительной разрушительной силой, приводящей к углублению каньона и эрозии его стенок.

Литература

1. Астахов А.С., Аксентов К.И., Белоус О.В., Гуленко Т.А., Жуковин А.Ю., Карнаух В.Н., Яновская О.С. Геологические и геоэкологические исследования в Японском море в рейсе № 45 НИС “Профессор Гагаринский” (октябрь-ноябрь 2009 г.) // Тихоокеанская геология. 2011. Т. 30. № 1. С. 119-124

ОСОБЕННОСТИ ГЕОХИМИИ РТУТИ В ДОННЫХ ОСАДКАХ АРКТИЧЕСКИХ И ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ

М.В. Иванов

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, kirov-max@mail.ru, ivanov_m@poi.dvo.ru

Ртуть входит в список приоритетных загрязняющих веществ в большинстве стран мира. Это обусловлено уникальностью физико-химических, геологических и токсикологических свойств данного элемента. Наиболее информативной частью водных систем с позицией оценки степени их устойчивого загрязнения являются донные осадки, несомненно, связанные со всеми другими компонентами и способные аккумулировать вклады различных источников. Типичные содержания ртути в донных осадках на 3-4 порядка выше, чем в воде. Это снимает многие аналитические трудности и делает, как правило, оценку картины загрязнения бассейна по донным осадкам существенно более надежной, чем по воде. Для сравнений исследований были выбраны три морских полигона разнотипных по характеру поступления и накопления ртути [1]. Один в Арктической части России и США (Чукотское море и прилегающая часть Северного Ледовитого океана), два в Дальневосточной части России (Охотское море, котловина Дерюгина, Японское море, Амурский залив). Чукотское и Охотское моря являются в определенной мере эталонными объектами для

изучения процессов поступления и накопления ртути в донных осадках практически без влияния техногенной составляющей. Так, в водосборных бассейнах рек, впадающих в Чукотское море, нет средних и крупных промышленных предприятий. Котловина Дерюгина специфична также современными газогидротермальными проявлениями, из которых ртуть и другие химические элементы поступают в морскую воду и осадки. Амурский залив выступает объектом, который находится в зоне атмосферного разноса антропогенной ртути из стран юго-восточной Азии. Но более всего он примечателен поступлением в течение многих десятилетий неочищенных сточных вод “Большого Владивостока”.

В работе использованы пробы донных осадков, отобранные в экспедициях на НИС «Малахит», НИС «Импульс» в 2004-2014 г. г., НИС «Профессор Хромов» в 2002, 2004, 2009 г.г., ГИСУ «Север» в 2006 г., МБ «Шуя» в 2006 г., НИС «Академик М.А. Лаврентьев» в 1996, 2002, 2008-2014 г.г., а так же из коллекции лаборатории морского рудообразования ТОИ ДВО РАН. Пробы отбирались дночерпателями, бокс-корероми, гравитационными и гидростатическими трубками. На содержание Hg проанализировано около 5200 проб донных осадков. Использовался анализатор ртути РА-915+ с приставками РП-91С, ПИРО-915. Нижний предел обнаружения – 0,5 нг/г. Стандартными образцами на ртуть служили ГСО 7183-95, СПДС-1,2,3. Внешний контроль ежегодно выполнялся в лаборатории фирмы-производителя (ООО Люмэкс, г. Санкт-Петербург).

Гранулометрический анализ части проб (n=98) выполнялся с помощью сканирующего лазерного анализатора размерности частиц Analizette («Fritch», Германия). Типизация осадков основывалась на принципе трехкомпонентной классификации по соотношению осадкообразующих фракций псаммита Ps (1-01 мм), алевролита А (0,1- 0,01 мм) и пелита Pl (<0,01 мм). Статистические параметры распределения были рассчитаны с помощью программы GeoStat (версия 7.06). Типичный уровень содержания химического элемента, в данном случае Hg считается среднефоновым содержанием – Сф. Его еще называют фоновым содержанием т.е. Сф=Сме. При его оценке аномальные и ураганные содержания не принимались во внимание. Статистические параметры распределения содержаний ртути и химических элементов поверхностных донных осадках рассматриваемых районов

приведены в таблице. Сопоставление с кларком для осадочных пород показывает, что в целом средние значения для всех элементов близки, за исключением Pb, Se и Sn для которых зафиксированы более низкие значения и для Mn, характеризующегося более высокими значениями. Ртуть в донных осадках коррелирует с другими химическими элементами. В Амурском заливе хорошие корреляционные связи ее с такими тяжелыми металлами как Co, Cu, Pb. В Чукотском море и прилегающей части Северного Ледовитого океана ртуть коррелирует Co, Cu, Ni, V, Mn. В котловине Дерюгина Hg коррелирует с Mn, Zn, Ni, Cu, Ba.

Таблица. Среднее содержание химических элементов и Сор_г в донных осадках арктических и дальневосточных морей.

Элемент	S Чукотское море N=57	S Охотское море N=94	S Японское море N=28	Ед. изм.
Hg (45)	36	61	50	нг/г
Al (10,45)	6,3	6,9	7,9	%
Ca (2,53)	1,6	-	1,32	%
Fe (3,33)	4	3,73	3,62	%
Mg (1,34)	1,4	-	0,83	%
Si (23,8)	29,3	27,8	27,8	%
As (6,6)	3,02	-	0,9	10 ⁻⁴ %
Ba (0,08)	0,07	0,07	-	%
Co (0,002)	0,003	0,002	0,0008	%
Cu (0,0057)	0,026	0,004	0,002	%
Mn (0,067)	0,19	0,29	0,024	%
Ni (0,0095)	0,004	0,006	0,003	%
Se (60)	0,238	-	0,231	10 ⁻⁴ %
Sn (0,001)	2,57	-	0,72	%
Pb (0,002)	0,0009	0,002	0,002	%
Ti (0,45)	0,39	0,37	0,35	%
Zn (0,008)	0,01	0,01	0,01	%
Сорг	1,12	2,41	2,14	%

Примечание. В скобках показан кларк для осадочных пород по Виноградову А.П. (1962).

Влияние вещественного состава донных осадков на содержания ртути выражается в приуроченности минимальных содержаний к песчаным осадкам. По мере увеличения содержаний

в донных осадках глинистого материала концентрации ртути возрастают. Илы по сравнению с песчаными осадками содержат в 2-6 раза больше ртути.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского географического общества (РГО).

Литература

1.Иванов М.В. Ртуть в донных осадках окраинных морей северо-восточной Азии // Тихоокеанская геология, 2014, №4, с. 63-74.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ГРАНИТ-РИОЛИТОВЫХ ФОРМАЦИЙ ЮЖНОГО ПРИМОРЬЯ

К.Ю. Крамчанин

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, altair@poi.dvo.ru

В Япономорском звене широким распространением пользуются гранитоидные формации батолитового типа [10]. В Южном Приморье имеются однотипные вулканоплутонические ассоциации – позднепермская гранит-риолитовая формация островов залива Петра Великого, вознесенская позднекембрийская и синегорская раннекарбоновая. Первая развита в пределах Западно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса на активной континентальной окраине, а две последние развиты в Южно-Синегорской впадине, наложенной на дорифейское кристаллическое основание [5, 6, 8].

Позднекембрийская гранит-риолитовая формация распространена в Южно-Синегорской впадине, в основном, в пределах Вознесенского рудного района, где с ней связано промышленное флюорит-редкометальное оруденение. Она представляет собой вулканоплутоническое сообщество, все члены которого связаны постепенными переходами [7]. В неё входят: 1) покровная фация: супутинская толща риолитов и их туфов, залегающая с угловым несогласием на нижнем кембрии и со стратиграфическим несогласием перекрывающаяся флороносными вулканитами нижнего девона (покровная фация); 2) экструзивная и жерловая фации: риолиты) и 3) интрузивная фация: массивы вознесенских гранитов субвулканического типа – порфириовидные

биотитовые граниты, аляскитовые и турмалинсодержащие граниты (470–500 млн. лет; K–Ar).

Раннекарбоновая риолитовая формация развита в Южно-Синегорской вулканотектонической впадине и представляет собой полигенетическое тело, в состав которого входят стратифицирующиеся образования (светлояровская толща), а также кислые экструзивы, субвулканы и субвулканические интрузивы гранитов и др. [3, 4, 5]. Таким образом, рассматриваемое сообщество преимущественно кислых пород относится к смешанному типу ассоциаций и является типичным вулканоплутоническим образованием. Оно представляет собой континентальное, главным образом, пирокластическое накопление и с полным правом может быть названо риолитовой (липаритовой) формацией [9, 11].

Формации гранит-риолитового ряда Южного Приморья отличаются друг от друга по своей металлогенической специализации: позднекембрийская вознесенская несёт промышленное флюорит-редкометальное оруденение, раннекарбоновая синегорская – уран-ториевое, а позднепермская – золото-серебрянное. Чем же вызваны такие различия?

На наш взгляд, они определяются, прежде всего, структурно-тектонической позицией той или иной формации. Действительно, вознесенская и синегорская формации размещены в Южно-Синегорской вулканотектонической депрессии, наложенной на мощное сиалическое основание, и представляющей собой многократно активизированный вулканогенно-рудный центр длительного развития. Для него характерно наличие крупных масс нижнекембрийских известняков и разновозрастного кислого магматизма, чем и определяются геохимические особенности рудоносных вулканоплутонических образований.

Граниты вознесенского типа и кислые вулканыты сунутинской толщи характеризуются: 1) повышенными концентрациями Li и Be, Sn, As и F; 2) низкими содержания элементов “мантийной” группы, что свидетельствуют об их внутрикоровом происхождении. Данные вулканоплутонические образования относятся к специфической сильно фракционированной серии Li–F кислой магмы, включающей топазовые граниты и риолиты (онгониты), сформировавшиеся в зонах активизации платформ [1, 2, 13, 14].

Провинциальной петрохимической особенностью раннекарбоновой риолитовой формации является резкий дефицит извести в ее породах; она представляет собой образование, типичное для структур дива [15], сформированных в результате активизации платформенного основания. Рассматриваемая формация несёт гидротермально-метасоматическую уран-ториевую минерализацию [3]. Экструзивно-субвулканические фации интенсивно флюоритизированы, а в субвулканических гранитоидах встречаются штокверки и жилы кварц-серицит-сульфидно-касситеритового состава и мелкие рудопроявления Pb, Zn и Be. С развитыми в Вознесенском рудном районе аналогами синегорской риолитовой формации связано гидротермально-метасоматическое месторождение полиметаллических руд. То есть, данная формация несёт оруденение, типичное как для Синегорского, так и Вознесенского рудного района – общее для Южно-Синегорского вулканогенно-рудного центра.

Позднепермская гранит-риолитовая формация широко развита в Южном звене Западно-Сихотэ-Алинского окраинно-континентального вулканического пояса. В пределах п-ова Муравьёва-Амурского и о-вов залива Петра Великого, выделяется ряд крупных позднепермских вулканогенно-интрузивных куполов, представляющих собой вскрытые эрозией магматические очаги. Своеобразная геохимическая и рудная специализация данной гранит-риолитовой формации определяется её размещением на границе континентального и океанического блоков с утонённой корой переходного типа в зоне пересечения рудоконцентрирующих разломов северо-восточного и субширотного простирания [12].

Литература

1. Аксюк А.М. Экспериментально-обоснованные геофториметры и режим фтора в гранитных флюидах // Петрология. 2002. Т. 10, № 6. С. 628–642.
2. Говоров И.Н. Термодинамика ионно-минеральных равновесий и минералогения гидротермальных месторождений. – М.: Наука, 1977. 240 с.
3. Горошко М.В., Изосов Л.А. Особенности металлогении Южно-Синегорской впадины Ханкайского массива (Приморье) // Региональные проблемы. 2007. № 8. С. 63–71.
4. Изосов Л.А. Формации силура, девона и карбона Приморского края // Сов. геология. 1992. № 3. С. 33–45.
5. Изосов Л.А. Среднепалеозойские формации и тектоника Япономорского региона. – Владивосток: Дальнаука, 2002. – 278 с.

6. Изосов Л.А., Коновалов Ю.И. Западно-Сихотэ-Алинский окраинно-континентальный вулканический пояс и его тектоническая позиция в Западно-Тихоокеанской зоне перехода континент – океан. – Владивосток: Дальнаука, 2005. – 315 с.
7. Изосов Л.А., Петрищевский А.М., Бажанов В.А. Позднекембрийский вулcano-плутонический комплекс Вознесенского рудного района Приморья // Сов. геология. 1989. № 5. С. 90–95.
8. Изосов Л.А., Съедин В.Т., Емельянова Т.А., Крамчанин К.Ю., Смирнова О.Л., Огородний А.А., Ли Н.С. Новые данные по геологии островов залива Петра Великого (Японское море). Остров Попова // Вестник ДВО РАН. 2013. № 2. С 13–21.
9. Кузнецов Ю.А. Главные типы магматических формаций. – М.: Недра, 1964. – 387 с.
10. Леликов. Е.П., Маляренко А.Н. Гранитоидный магматизм окраинных морей Тихого океана. – Владивосток: Дальнаука, 1994. – 266 с.
11. Лучицкий И.В. Основы палеовулканологии. – М.: Наука. 1971. Т. 2. – 381 с.
12. Радкевич Е.А. Металлогенические провинции Тихоокеанского рудного пояса. – М.: Наука, 1977. – 176 с.
13. Руб А.К, Руб, М.Г. Редкометальные граниты Приморья. – М.: ВИМС, 2006. – 86 с.
14. Рязанцева М.Д., Герасимов Н.С., Говоров И.Н. Рубидий-стронцевые изохроны и петрогенезис магматический пород Вознесенского рудного района (Приморье) // Тихоокеан. геология. 1994. № 4. С. 60–73.
15. Chen Guoda. Characteristic and nature of diwa-regions compared with so-called “paraplatform” // Acta. Geol. Sin. 1960. Vol. 40. P. 162–186.

СФИНКТОЗОА В ОРГАНОГЕННЫХ ИЗВЕСТНЯКАХ НА ЮГЕ ПРИМОРЬЯ

Е. Н. Малышева

*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток,
rumbum@vandex.ru*

На юге Приморья отмечается большое количество органогенных построек верхнепермского возраста. Они представляют собой целый палеонтологический музей с разнообразной ископаемой фауной, среди которой можно увидеть фузулиниды, разнообразные фораминиферы, кораллы, брахиоподы, мшанки, водоросли, криноидеи. Особый интерес вызывают находки сфинктозоа, поскольку в Приморском крае они являются малоизученной группой организмов.

Впервые сфинктозоа с территории Приморского края были описаны А. С. Моисеевым в 19551 году из находок в триасовых известняках Дальнегорского района Л. Д. Кипарисовой, Г. Н. Воларовичем и З. И. Мясниковой [5]. В начале 70-х годов XIX века некоторые представители данной группы были впервые обнаружены в известняках верхней перми [1]. Более полная информация об этих организмах появилась в 1991 году в монографии Э. В. Бойко и соавторов, где Г. В. Беляевой были описаны сфинктозоа на территории Южного Приморья [3]. Позднее, в 1994 году Б. Сеновбари–Дарьян в своей статье [6] внес некоторые поправки в данную монографию. Автором настоящей статьи было продолжено изучение этой сложной и малоизученной группы морских организмов.

Материалом для проведения исследования послужили коллекции сфинктозоа, собранные автором на органогенных массивах г. Брат, Безымянная и Находкинский риф во время полевых работ в 2011-2012 годах. Кроме собственного материала автор изучала коллекцию шлифов Г. В. Беляевой, отобранную ранее с этих же массивов. Основным методом изучения был палеонтологический способ определения видов. В шлифах из собранной автором коллекции были обнаружены новые местонахождения видов *Intrasporeocoelia orientalis Belyaeva, 1991*, *Amblysisiphonella yuni Zhang, 1985*, *Chinaspongia fani Belyaeva, 2000* и *Belyaevainsolita (Belyaeva) Senowbari-Daryan & Ingavat Helmcke, 1994*. Помимо сфинктозоа, в шлифах встречаются водоросли, криноидеи, мшанки, фораминиферы, кораллы. Все обнаруженные организмы изучались автором для выяснения палеоэкологической обстановки формирования изучаемых данных массивов.

По результатам работы автором были обнаружены новые местонахождения видов *Intrasporeocoelia orientalis Belyaeva, 1991* и *Amblysisiphonella yuni Zhang, 1985* на карьере горы Брат в окрестностях г. Находка. Ранее эти виды были обнаружены на только известняковых массивах г. Безымянная и в Находкинском [4]. Кроме того был найден вид *Chinaspongia fani Belyaeva, 2000* на Находкинском карьере. Это первая находка данного таксона в Приморском крае. Ранее он был найден Г. В. Беляевой в отложениях формации Маокоу (которая соответствует верхнекептенскому ярусу средней перми) на юге Китая у поселка Тунлу [2]. Следующим открытием явилась находка вида *Belyaevainsolita (Belyaeva) Senowbari-Daryan & Ingavat Helmcke,*

1994 на г. Брат. Это местонахождение данного таксона на массиве г. Брат пока является первым. Ранее колония *Belyaevainsolita* (*Belyaeva*) *Senowbari-Daryan & Ingavat Helmcke, 1994* была обнаружена Г. В. Беляевой на Находкинском карьере и полуострове Трудном в Приморском крае [3]. Кроме того, он встречается в верхне-пермских органогенных отложениях в провинции Фраэ в Таиланде [6].

Полученные данные позволяют дополнить существующую информацию о распространении сфинктозоа на массивах г. Брат, Безымянная и Находкинский риф.

Автор выражает благодарность Г. В. Беляевой за консультации по систематике сфинктозоа.

Литература

1. Беляева Г. В., Никитина А. П. Сфинктозоа Дальнего Востока. ДАН СССР, 1984. т. 276. № 3. С. 711-713.
2. Беляева Г. В. Новые таксоны сфинктозоа из пермских рифов юго-восточного Китая // Палеонтологический журнал. Москва, 2000. № 2. С. 41-46.
3. Бойко Э. В., Беляева Г. В., Журавлева И. Т. Сфинктозоа фанерозоя территории СССР. М.: Наука, 1991. 222 с.
4. Малышева Е. Н. Новые находки сфинктозоа на юге Приморского края // Вестник ДВО РАН. Владивосток, 2012. № 3. С. 107-111.
5. Моисеев А. С. О кораллах и других организмах из известняков Приморской области (бассейн р. Тетюхэ). Л.: Изд-во ЛГУ, 1951. Тр. Ленинград. отделения естествоиспытателей, 1951. Т. 68. Вып. 2. С. 208-237.
6. Senowbari-Daryan B., Ingavat-Helmcke R. Sponge assemblage of some Upper Permian reef limestones from Phrae province (Northern Thailand) // *Geologija, Ljubljana*, 1994. V. 36. P. 35-59.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ИТРИЯ В ДОННЫХ ОСАДКАХ КОТЛОВИНЫ ДЕРЮГИНА В РАЙОНЕ БАРИТОВЫХ ГОР

П.Е. Михайлик, Е.В. Еловский, Е.В. Михайлик, М.Г. Блохин
Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток,
mikhailik@fegi.ru

Первые данные по неполному спектру (8 из 15) редкоземельных элементов (РЗЭ) в донных осадках центральной части Охотского моря приведены в [2], где показано, что состав

РЗЭ является результатом смешения редких земель из различных терригенных и биогенных источников. Там же выявлена европиевая аномалия ($Eu_{ан}$), величина которой зависит от соотношения количества диатомей и радиолярий. Валовый состав полного спектра РЗЭ поверхностных осадков в котловине Дерюгина изучен в [5]. Результатом этой работы также явился вывод о доминировании терригенного источника РЗЭ. Таким образом, исходя из имеющихся данных, состав РЗЭ осадков котловины Дерюгина зависит от состава пород питающей провинции, а также циркуляции водной массы. По данным [3] в котловине Дерюгина развита активная флюидодинамика, что, вероятно, должно отразиться на составе РЗЭ донных осадков. Для выяснения этого вопроса нами было проведено изучение поверхностных осадков методом последовательного селективного выщелачивания по методике, изложенной в [7].

Материалом для изучения послужили осадки, отобранные в котловине Дерюгина на станции Lv61-5 (54 00.617 с.ш.; 146 25.467, глубина 1450 м), в 61-м (2013 г.) рейсе НИС "Академик М.А. Лаврентьев", в районе Баритовых гор. Осадки, поднятые на борт судна дночерпателем «Океан 25», представлены восстановленными оливково-серыми кремнистые диатомовые илами, на которых залегают окисленные коричневые диатомовые илы толщиной до 5 см. В работе изучено распределение РЗЭ и иттрия (REY) в реакционноспособных (лабильных) формах и алюмосиликатном «каркасе» окисленных осадков в двух фракциях: 1 – меньше 20 мкм; 2 - больше 20 мкм и меньше 1 мм.

Содержание REY в двух фракциях осадка котловины Дерюгина показывает, что они, в основном, концентрируются в алюмосиликатной и железистой фазах. Тонкая часть осадка, занимающая около 30 % от общего объема пробы, содержит REY примерно вдвое больше, чем в валовой пробе. Причем соотношение количества REY в концентрирующих фазах двух фракций примерно одинаковое (железистая - 29-32%, алюмосиликатная - 53-56%) и составляет около 90 % всех REY. Наименьшим концентратором REY в осадке котловины Дерюгина является марганцевая составляющая. Она содержит до 5% REY, а на долю карбонатов и легкоизвлекаемых форм REY приходится около 6-8%. Таким образом, основным концентратором редких земель в осадке котловины Дерюгина является фракция < 20 мкм.

Редкоземельные элементы малоподвижны в зоне гипергенеза, что в свою очередь отражается в их составе речной взвеси, которая должна соответствовать среднему составу REY материнских пород. Это обусловлено низкой миграционной способностью этих элементов в нейтральной, слабощелочной и слабокислой среде, где их растворенные формы представлены прочными гидроксокомплексами [4].

Основная часть терригенного материала, поступающая в акваторию Охотского моря, в частности в котловину Дерюгина, связана с ледовым разносом и твердым стоком р. Амур [1]. Уровень содержания и характер распределения REY в твердом стоке р. Амур наследуется докайнозойскими гранитоидами и метаморфическими породами «амурской серии», распространенными в бассейне реки [6]. Такое распределение наследует состав REY донных осадков котловины Дерюгина. Это связано с высокой скоростью осадконакопления в окраинных морях, где состав осадочного материала практически не подвергается изменению. Таким образом, данные по распределению REY в поверхностных осадках котловины Дерюгина показывают, что доминирующим источником осадочного материала является твердый сток р. Амур.

Проведенное нами изучение распределения сланец нормализованных REY тонкой фракции показало, что оно близко составу REY лёсса китайских пустынь. Следовательно, поставка глинистого вещества в глубоководные части Охотского моря осуществляется также и эоловым способом. А количество «диатомовой» составляющей не оказывает большого влияния на содержание REY в терригенной матрице осадка вследствие того, что их концентрация в ней гораздо выше, чем в створках диатомей [1].

Положительная европиевая аномалия в донных осадках котловины Дерюгина, выявленная, как В.В. Сатаровой с соавторами (2014), так и в данной работе ($E_{у_{ан}}=1,30$) объясняется наличием довольно большого количества плагиоклаза в общем объеме пробы, что является следствием интенсивного потока терригенного вещества в акваторию Охотского моря, и не может связываться с гидротермальной деятельностью. Так как тонкая фракция осадка, являющаяся основным концентратором REY, не накапливает европий ($E_{у_{ан}}=0,91$).

Однако, изучение распределения REY в реакционноспособных формах осадка двух фракций, включающих аутигенное минералообразование, показало, что REY связанные с оксогидроксидами железа близки составу REY водородных Fe-Mn корок западной Пацифики. Марганцевая составляющая тонкой фракции осадка характеризуется составом REY близким для марганцевой фазы диагенетических железомарганцевых кольцеобразных конкреций котловины Дерюгина. Распределение REY в алеврито-псаммитовой части осадка имеет большое сходство с фракционированием REY в гидротермальных Fe-Mn образованиях Андаманского моря (Индийский океан), а также частично повторяют состав REY гидротермальных Fe-Mn корок Японского моря. Распределение REY в легкоизвлекаемой составляющей двух фракций осадка близко, эта же тенденция сохранена и в алюмосиликатной фазе осадка.

Таким образом, данные по валовому распределению REY в поверхностных осадках двух фракций котловины Дерюгина указывают на преимущественно их терригенный источник. Детальное изучение составов REY в минеральных фазах осадков в районе «Баритовых гор» указывает на дополнительную гидротермальную поставку REY. Однако отсутствие данных по распределению REY в марганцевой фазе восстановленных осадков требует проверки данного предположения. Не исключено, что итоговый график распределения REY в марганцевой фазе осадков котловины Дерюгина суммирует как гидротермальный, так и диагенетический источник редких земель.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-00005 мол_а.

Литература

1. Деркачев А.Н., Николаева Н.А., Горбаренко С.А., Особенности поставки и распределения кластогенного материала в Охотском море в позднечетвертичное время // Тихоокеанская геология. 2004. Т. 23, №1. С. 37-52.
2. Левитан М.А., Лукша В.Л., Толмачева А.В. История седиментации в северной части Охотского моря в течение последних 1.1 млн лет // Литология и полезные ископаемые. 2007. №3. С. 227-224.
3. Осадконакопление и рудогенез во впадине Дерюгина (Охотское море) / А.С. Астахов и др.: Владивосток: Дальнаука. 2008. 289 с.
4. Савенко В.С. Химический состав взвешенных наносов рек мира. М.: ГЕОС. 2006. 175 с.

5. Саттарова В.В., Зарубина Н.В., Блохин М.Г., Марьяш А.А., Редкоземельные элементы в поверхностных осадках впадины Дерюгина Охотского моря // Тихоокеанская геология. 2014. Т. 33, №2. С. 109-117.
6. Сорокина О.А. Зарубина Н.В. Химический состав отложений среднего течения р. Амур // Тихоокеанская геология. 2011. Т. 30, №5. С. 105-113.
7. Koschinsky A., Hein J. R. Acquisition of elements from seawater by ferromanganese crusts: Solid phase associations and seawater speciation // Mar. Geol., 2003. V.198. P. 331–351.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ЯПОНСКОМ МОРЕ И НА ПРИЛЕГАЮЩЕЙ СУШЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВОГО АНАЛИЗА ГЛУБОКОВОДНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Ю.В. Новосёлова, С.А. Горбаренко

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, rybiakova@poi.dvo.ru

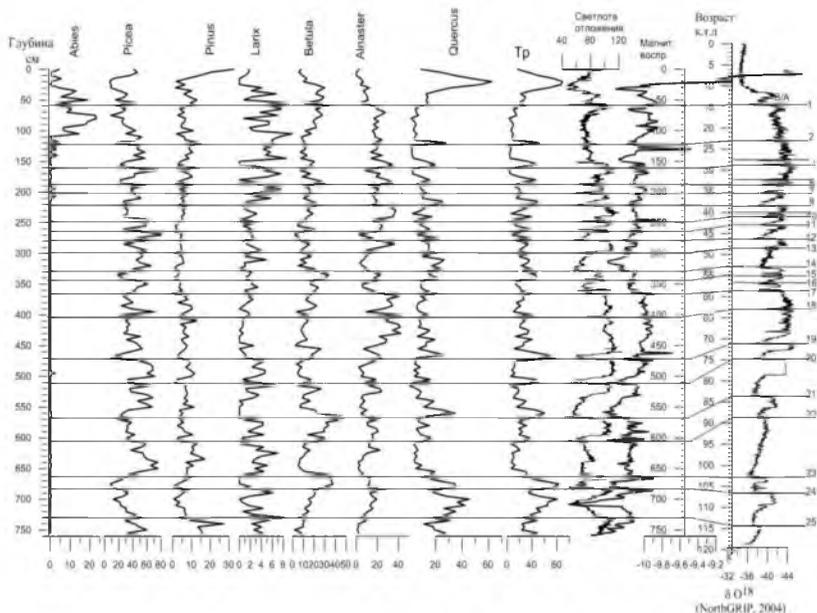
Результаты спорово-пыльцевого анализа морских глубоководных отложений керна LV 53-27-1 и предварительная возрастная модель позволили выявить последовательность изменений растительности и климата в период позднего плейстоцена и голоцена. Изученный керн был поднят со дна Японского моря в районе возвышенности Первенец (41°54'с.ш., 132°33' в.д.) в ходе 53-го рейса НИС «Академик М.А. Лаврентьев» с участием российских и китайских ученых. Отбор керна со дна осуществляли с помощью гравитационного пробоотборника. Глубина моря в точке отбора составляла 1698 м. Длина керна 760 см.

Предварительная возрастная модель выполнена по обнаруженным в осадке тefропрослоям, по данным магнитной восприимчивости, по изменению светлоты осадка и показателю палеопродуктивности. На этапе подготовки проб для спорово-пыльцевого анализа отбирался каждый пятый сантиметр сухого осадка, и обрабатывали далее по стандартному методу В.П. Гричука с применением тяжелой жидкости [1]. Использовался вес навески около 20 г.

По результатам исследования был выявлен ряд региональных природно-климатических изменений, и сделана корреляция выявленных изменений растительности и климата с Дансгор-Ошгер интерстадиалами. На приведенном ниже рисунке

интерстадиалы показаны прямыми линиями и пронумерованы (1 – 25).

Для япономорского региона характерно увеличение доли пыльцы *Quercus* и уменьшение доли пыльцы хвойных таксонов (*Picea*, *Pinus*) в периоды потеплений, эта особенность и была принята за главный признак потеплений в нашем исследовании.



Изменения содержания пыльцы основных таксонов в группе древесных растений (в %), палеоклиматический коэффициент Тр, полученные в результате анализа к. LV 53-27-1, и изотопно-кислородная кривая ледового керна Гренландии.

На интервале 700-730см проявилось потепление климата, которое можно соотнести с интерстадиалом 25. Интервал 670-682см можно соотнести с интерстадиалом 24. На интервале 555-570 см явно выраженное потепление климата, которое можно соотнести с интерстадиалом 21. На интервале 460-470см прослеживается заметное потепление, которое можно соотнести с интерстадиалом 19. На интервале 210-220см хорошо выражено потепление, которое можно соотнести с интерстадиалом 8. На интервале 150-160см проявилось потепление, которое можно соотнести с интерстадиалом 4. Интервал 110-120 см показывает потепление климата и, вероятно, его можно соотнести с

интерстадиалом 2. На интервале 55-60 см проявилось потепление Беллинг-алерёд, хотя оно сравнительно слабо выражено на графике. Интервал 35-40 см, вероятно, является границей между поздним плейстоценом и голоценом. На интервале 20-30 см прослеживается самое сильное потепление, очевидно, это оптимум голоцена.

Таким образом, в период позднего плейстоцена отмечены потепления, и наиболее существенные из них, вероятно, происходили синхронно с Дансгор-Ошгер интерстадиалами 2, 4, 8, 19, 21, 24 и 25. Остальные потепления, выявленные по результатам анализа глубоководного керна LV 53-27-1, слабее выражены на графике, однако они также соотносятся с интерстадиалами.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 13-05-00296а.

Литература

1. Сладков А.Н. Введение в спорово-пыльцевой анализ. – М.: Наука, 1967. – 270 с.

ДИАТОМЕИ ПЛЕЙСТОЦЕН-ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ГУБЫ БУОР-ХАЯ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ

М.С. Обрезкова

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, obrezkova@poi.dvo.ru

В регрессивные эпохи позднего плейстоцена обширный и выровненный шельф Арктических морей подвергался неоднократному сильному промерзанию, приведшему к формированию толщ высокольдистых отложений [1, 7]. Деградация мерзлоты может привести к необратимым климатическим последствиям, учитывая огромные запасы в ней реликтового органического углерода, пока еще в большей своей части законсервированного мерзлотой [10]. До сих пор вопросы реконструкции палеогеографической истории формирования ледового комплекса и подстилающих его толщ остаются еще во многом дискуссионными. Поэтому, целью данной работы является расчленение испытавшей криогенное воздействие осадочной толщи и реконструкция условий ее формирования. Для решения этой цели были изучены диатомовые водоросли из образцов двух скважин, пробуренных в западной части губы Буор-Хая моря Лаптевых.

Для диатомового анализа были отобраны 45 образцов из скважины D-1 (длина 52.3 м) и 74 образца из скважины D-4 (длина 44.2 м) из всех литологических типов осадков.

Диатомеи обнаружены преимущественно в верхней части керна в интервале 0-570 см, сложенном глинистыми алевритами. Доминирует пресноводный вид *Aulacoseira subarctica* (Müller) Harworth, единичны пресноводные *Cymbella cistula* (Ehrenberg) Kirchner, *Eunotia praerupta* Ehrenberg, *E. bidens* Ehrenberg и морские солоноватоводные (*Thalassiosira hyperborea* (Grunow) Hasle, *Th. baltica* (Grunow) Ostenfeld, *Cyclotella striata* (Kützing) Grunow) виды, планктонный холодноводный океанический вид *Rhizosolenia hebetata* Bailey, вымерший в миоцене пресноводный вид *Alveolophora areolata* (Moisseeva) Moisseeva и др. Диатомеи, обнаруженные в этом интервале обычны для современных и голоценовых осадков в районе устья реки Лены моря Лаптевых [2-5, 8, 9, 11]. Они характеризуются преобладанием пресноводных диатомей, привнесенных речным стоком Лены, и незначительным количеством морских солоноватоводных видов, а также присутствием переотложенного пресноводного вымершего в миоцене вида.

В интервале 670-5230 см диатомеи не обнаружены, за исключением интервала 4130-4140 см, в котором отмечены единичные морские ископаемые диатомеи *Paralia crenulata* (Grunow) Gleser, *Gladiopsis speciosus* (Schulz) Gersonde et Harwood, *Coscinodiscus sibiricus* Strelnikova?, характерные преимущественно для мел-палеогеновых отложений. Меловые отложения в рассматриваемом районе моря Лаптевых представлены исключительно континентальными отложениями, поэтому вышеупомянутые виды диатомей были, вероятно, привнесены в эти отложения из других районов Арктического региона, где распространены морские меловые и палеогеновые отложения.

Проведенное микропалеонтологическое изучение осадков восточной части авандельты р. Лена, вскрытых скважиной D-1, позволяет подразделить разрез на две разновозрастные толщи: верхняя толща 1 (0-670 см) формировалась, вероятно, в голоцене в трансгрессивных условиях при значительном влиянии речного стока р. Лены; нижняя (670-5230 см) – в плейстоцене преимущественно в континентальных условиях. По характеру изменений литологического состава и структуры, а также AMS-

датировок древесных остатков нижней толщи предполагается, что ее формирование происходило в позднем плейстоцене.

В скважине D-4 (северная оконечность о. Муостях), сложенной глинистыми илами различной плотности и песками, диатомовые водоросли не обнаружены.

Таким образом, на основе микропалеонтологического анализа отложений, вскрытых скважинами D-1 и D-4, установлено, что осадочный разрез подразделяется на две разновозрастные толщи – позднплейстоценовую и голоценовую, формирование которых происходило в различных условиях. Выделение этих толщ подтверждено литологическими и сейсмоакустическими данными. Сопоставление сейсмоакустического разреза с геологическим разрезом скважин показывает, что верхняя, акустически прозрачная толща соответствует глинистым алевроитам голоценового возраста. Нижняя толща, характеризующаяся хаотическими отражениями, соответствует толще разнородных песков позднплейстоценового возраста, содержащих криогенные включения. В месте бурения скважины D1 первые криогенные включения встречены на глубине 5.7 м, т.е. в самой верхней части песчаной толщи. Таким образом, на сейсмоакустическом профиле граница между толщами вероятнее всего соответствует рельефу кровли криогенных включений в осадочные отложения. Из-за низкого содержания диатомей выделить более детальные подразделения не представляется возможным.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 16-17-10109.

Литература

1. Григорьев М.Н., Разумов С.О. Распространение и эволюция субаквальной мерзлоты в прибрежно-шельфовой зоне морей Лаптевых и Восточно-Сибирского как следствие многолетней трансформации береговой зоны // Современная геодинамика и опасные природные процессы в Центральной Азии. Иркутск, Изд-во Института земной коры СО РАН, 2005. Вып. 2. С. 136-155.
2. Матуль А.Г., Хусид Т.А., Мухина В.В. и др. Современные и позднеголоценовые условия на шельфе юго-восточной части моря Лаптевых по данным микрофоссилий // Океанология. 2007. Т. 47, № 1. С. 90–101.
3. Обрезкова М.С., Цой И.Б. Диатомовая флора голоценовых осадков Восточно-Арктических морей России // Вестник ДВО РАН. 2008. № 1. С. 136-143.
4. Обрезкова М.С., Колесник А.Н., Семилетов И.П. Особенности распределения диатомей в поверхностных осадках морей Восточной

- Арктики России (на основе кластерного анализа) // Биология моря, 2014, том 40, № 6, с. 473-480.
5. Обрезкова М.С., Цой И.Б., Вагина Н.К., Карнаух В.Н., Дударев О.В., Семилетов И.П. Плейстоцен-голоценовые отложения губы Буор-Хая моря Лаптевых // XVI Всероссийское Микропалеонтологическое совещание «Современная микропалеонтология», 24-27 августа 2015 г., Калининград. Калининград, 2015. С. 315-319. DOI: 10.13140/RG.2.1.5017.1607
6. Полякова Е.И. Арктические моря Евразии в позднем кайнозое. М.: Научный мир, 1997. 146 с.
7. Фартьшев А.И. Особенности прибрежно-шельфовой криолитозоны моря Лаптевых. Новосибирск: Наука. 1993. 136 с.
8. Bauch N.A., Polyakova Ye.I. Diatom-inferred salinity records from the Arctic Siberian Margin: Implications for fluvial runoff patterns during the Holocene // Paleoenography. 2003. Vol. 18, No. 2. P. 5-1-5-10.
9. Cremer H. Distribution patterns of diatom surface sediment assemblages in the Laptev Sea (Arctic Ocean) // Mar. Micropaleontol. 1999. Vol. 38. P. 39–67.
10. Semiletov I.P., Shakhova N.E., Sergienko V.I., Pipko I.I., Dudarev O.V. On carbon transport and fate in the East Siberian Arctic land–shelf–atmosphere system // Environ. Res. Lett. 7 (2012) 015201 (13pp). [doi:10.1088/1748-9326/7/1/015201](https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/1/015201)
11. Tsoy I.B. Diatoms in surface sediments of the Siberian Arctic shelf (Laptev and East-Siberian seas) // Changes in the Atmosphere-land-sea system in the Amerasian Arctic. Vladivostok: Dalnauka, 2001. P. 245-249.

ГАЗОНОСНОСТЬ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО

А.К. Окулов, А.К. Окулов, Ю.А. Телегин
ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, aokulov07@mail.ru

Залив Петра Великого находится в северо-западной части японского моря. Работы выполнялись в период с 2012 по 2015 год совместно с институтом ВНИИОкеангеология им. И.С. Грамберга. Результаты исследований легли в основу отчета о состоянии прибрежно-шельфовой зоны залива Петра Великого [1]. Целью исследований является изучение условий происхождения и распределения природного газа в геологических структурах и акватории залива Петра Великого. Оценка участия газов в геодинамической обстановке исследуемой площади, роли зон тектонических нарушений. К задачам исследований относится выполнение газохроматографического анализа проб с определением содержания метана и тяжелых углеводородных газов, углекислого газа, водорода, гелия, кислорода и азота.

Для исследования газового состава воды использовались два метода: Head Space и дегазация. Метод head space заключается в отборе пробы воды из батометра в стеклянную емкость объемом 268 мл. Далее данная емкость закрывается резиновой пробкой с использованием иглы. Затем в пробу добавляется гелий (12 мл). Проба взбалтывается в ручную или на перемешивающем устройстве и анализируется. Для анализа газовой пробы используется газовый хроматограф Кристалл 5000, Кристаллюкс4000М, Хроматэк-Газхром 2000. Метод дегазации заключается в отборе пробы воды в стеклянную емкость объемом 500 мл. Далее данная емкость закрывается резиновой пробкой с использованием лески. Далее проба дегазируется на дегазационной установке в течении суток на судне или в лаборатории и анализируется.

В структурно-геологическом строении района принимают участие осадочные и вулканические породы протерозойского, позднепалеозойского, мезозойского и кайнозойского возраста. По особенностям геологического строения выделяется несколько структурно-формационных зон: Западно-Приморская, Муравьевско-Дунайская и Партизанско-Окраинская подзона Центральной зоны. Границами подзон служат Западно-Приморский, Уссурийский, Муравьевский и Западно-Партизанский глубинные разломы ориентированные преимущественно в северо-восточном направлении. К разломам первого порядка отнесены Западно-Приморский, Уссурийский, Муравьевский, Западно-Приморский, Дунайский, Аскольдовский и Прибрежный разломы, второго - Кубанский, Зарубинский, Надеждинский, Береговой разломы. Третий порядок составляют прочие более мелкие разрывные структуры [2].

В результате исследований установлено, что распределение метана в придонном слое воды неравномерно и является результатом, как структурно-геологических особенностей площади, так и хозяйственной деятельности. Высокие концентрации до 680 нл/л выявлены в Амурском заливе, западной и восточной части Уссурийского залива, районе о. Рикорда. Повышенные концентрации до 200 нл/л наблюдаются в юго-западной части залива Петра Великого вдоль бровки шельфа. Юго-западная часть исследуемой площади характеризуется низким (фоновым) содержанием метана в придонном слое воды.

Максимальные концентрации метана в верхнем слое осадка установлены в Амурском и Уссурийском заливах. На остальной части исследуемой площади залива Петра Великого более равномерное распределение метана в осадке с содержанием до 150 нМ/дм³.

Таким образом, по результатам исследований придонного слоя воды и осадка выделяются 7 участков с стабильно высоким содержанием метана: 1. Район о. Рикорда. 2. Юго-западная часть залива Посыет (бровка шельфа). 3. Восточная часть Амурского залива от Спортивной гавани до м. Токаревского. 4. Район б. Славянка. 5. Район м. Песчаный. 6. Центральная часть Уссурийского залива. 7. Северо-восточная часть Уссурийского залива, район б. Суходол. 8. Юго-восточная часть площади. По происхождению газовые аномалии разделяются на углеметаморфические сингенетические, магматическое и биохимического типа, а также газы, образованные в результате хозяйственной деятельности.

Литература

1. Щербаков В.А., Иванова В.В., Мотычко В.В. и др. Государственный мониторинг состояния недр прибрежно-шельфовой зоны залива Петра Великого в связи с интенсивным хозяйственным освоением территории. Отчет. Санкт-Петербург. 2014.
2. Кутуб-Заде Т.К., Олейников А.В., Сясько А.А. и др. Геологическое строение и полезные ископаемые бассейнов рек и акватории зал. Петра Великого. Отчет Славянской партии о результатах геологического доизучения масштаба 1:200 000 листов К-52-ХI, ХVII; К-52-ХII, ХVIII; К-53-VII за 1994-2002 гг. Отчет. Приморский ТГФ. Владивосток. 2002.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СУЛЬФИДОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЧЕРНОГО МОРЯ

Н.А. Орехова

*ФГБУН «Морской гидрофизический институт РАН», г. Севастополь,
natalia.orekhova@mhi-ras.ru*

Черное море является наиболее изученным бассейном с глубоководными анаэробными водами. Сильная стратифицированность моря и наличие сероводородной зоны ниже 100 – 150 метров обуславливают уникальность бассейна и его экосистемы [3, 4]. Это море считается in-situ лабораторией для

изучения биогеохимических процессов, общих вопросов формирования структуры в аэробных, субкислородных и анаэробных условиях, возникновения и эволюции анаэробных условий в мировом океане.

Гидрохимическая структура Черного моря достаточно подробно изучена [4], исследования геохимических характеристик донных отложений так же проводились. Установлено, что донные отложения Черного моря отличаются пространственным разнообразием и неоднородностью по вертикальному профилю в зависимости от удаленности от берегов, что является следствием дифференциации осаждающихся на ложе моря взвешенных частиц, мутьевых потоков, действия глубинных течений, физико-химического состава придонного слоя вод [1, 3]. Анализ поровых вод до последнего времени представлялся затруднительным: пробоподготовка приводит к значительным изменениям естественных характеристик поровых вод.

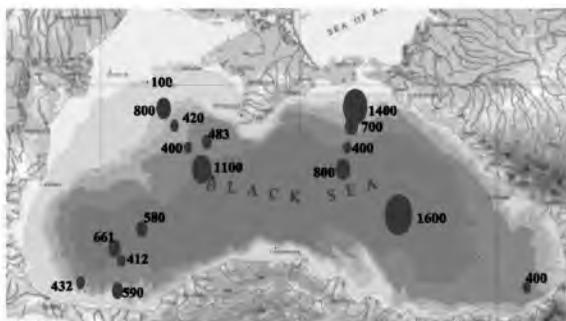
В последние десятилетия активно начал применяться полярографический метод анализа со стеклянным Au-Hg микроэлектродом, который позволяет изучать качественный и количественный состав поровых вод в условиях максимально приближенных к естественным [2]. Пробы отбираются с помощью мультиторера, а затем профилируются по слоям с дискретностью менее 1 мм.

Целью данной работы было исследование пространственных особенностей формирования донных отложений Черного моря на основании вертикальных профилей сульфидов в поровых водах.

Донные отложения различных районов Черного моря отбирались в 2003 г. (8 станций, НИС «KNORR») [3], в декабре 2013 г. (11 станций, НИС «Maria S. Merian») и в ноябре 2015 г. (2 станции, НИС «Профессор Водяницкий»).

Анаэробные отложения северной и центральной частей Черного моря представляли собой преимущественно ламинированные структуры голоценового слоя с включением белых карбонатных слоев. Донные отложения, отобранные в южной части, в районе Анатолийского побережья, характеризовались наличием мощных слоев мутьевых потоков, значительно влиявших на химический состав поровых вод. Пространственное распределение сульфидов в анаэробных отложениях было неоднородным и характеризовалось увеличением их концентрации от западной к восточной части моря.

Максимальные концентрации сульфидов в донных отложениях глубоководной части моря наблюдались в восточном районе (рис.). Концентрация сульфидов в отложениях западной части континентального склона составляла ~50% от максимального их содержания в придонном слое воды. В анаэробных отложениях материкового склона содержание сероводорода зависело от потока органического вещества из водной толщи: чем дальше от кромки шельфа, тем меньше поток органического вещества и менее интенсивно продуцируются сульфиды в поровых водах. Для донных отложений северо-западной части преобладающим процессом была сульфатредукция. В северо-восточной части помимо сульфатредукции, протекали процессы с участием железа, приводящие, в конечном итоге, к образованию сульфидов железа (моносulfида железа и пирита). Максимальные концентрации сульфидов в северо-восточной части Черного моря, вероятно, обусловлены влиянием вод Азовского моря, являющихся источником свежего органического вещества, что способствует активному потреблению кислорода в шельфовой части и интенсификации процессов сульфатредукции на континентальном склоне.



Максимальные концентрации сульфидов в поровых водах донных отложения Черного моря: размер значка прямо пропорционален концентрации, числа соответствуют величине максимальной концентрации сульфидов, мкг/л

Для южной части Черного моря были характерны минимальные концентрации сульфидов в донных отложениях, что обусловлено влиянием мутьевых потоков. Отсутствие кислорода в придонном слое воды и субкислородные условия водной толщи, а также различный поток органического углерода, создают предпосылки для протекания разнообразных биогеохимических

процессов с участием растворенных Mn (II), Fe (II, III) в субкислородной части континентального склона и сульфидов в анаэробной части континентального склона. Таким образом, в юго-западной части Черного моря наличие мощных мутьевых потоков, обогащенных оксидами марганца и железа, приводит к тому, что они связывают свободный сероводород, способствуя снижению концентрации сульфидов в поровых водах донных отложений, в то время как, для восточной части моря отмечено влияние лишь процесса пиритизации.

Выполненные исследования подтвердили, что донные отложения Черного моря отличаются широким разнообразием морфологической и геохимической структуры. В значительной степени процессы диагенеза верхнего слоя донных отложений контролировались содержанием и реакционной способностью органического вещества.

Литература

1. Митропольский А.Ю., Безбородов А.А., Овсяный Е.И. Геохимия Черного моря. Киев: Наук. Думка, 1982. 144 с.
2. Brendel P.J., Luther, III, G.W. Development of a Gold Amalgam voltammetric microelectrode for determination of dissolved Fe, Mn, O₂, and S (-II) in porewaters of marine and freshwaters sediments // *Envir. Sci. Technol.*, 1995. №29. P. 751 – 761.
3. Kononov S.K., Luther, III, G.W., Yucel M. Porewater redox species and processes in the Black Sea sediments // *Chem. Geol.*, 2007. №245. P. 254 – 274.
4. Murray J. W., Stewart K., Kassakian S. et al. Oxic, Suboxic and Anoxic Conditions in the Black Sea // In: A. Gilbert, V. Yanko-Hombach and N. Panin (eds.) *Climate change and coastline migration as factors in human adaptation to circum-pontic region: from past to forecast*. Kluwer Pub., 2005. 26 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА УГЛЕВОДОРОДОВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ГАЗОГИДРАТОНОСНЫХ УЧАСТКОВ ОХОТСКОГО И ЯПОНСКОГО МОРЕЙ МЕТОДОМ ХРОМАТО-МАСС- СПЕКТРОМЕТРИИ

Н.С. Полоник, О.В. Борзова

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, nikpol@poi.dvo.ru

Исследование происхождения, распространения, накопления и круговорота рассеянного органического вещества в литосфере и

гидросфере Земли является одной из ключевых задач современной геохимии. Критерии распределения и состава органического вещества успешно используются в ходе поиска залежей полезных ископаемых (угля, нефти и газа) на суше. В то же время, органическое вещество морских осадочных отложений остается относительно малоизученным. Особую актуальность представляет исследование органического вещества морских отложений шельфовой зоны дальневосточных морей в газогидратоносных и нефтегазоносных районах.

Основным объектом наших исследований стала коллекция осадочного материала Российско-Японско-Корейского проекта SSGH, полученная в ходе научной экспедиции НИС "Академик М.А. Лаврентьев" (рейс №62) в районах Охотского (западный борт Курильской котловины, залив Терпения) и Японского морей (северо-восточный склон о. Сахалин, южная часть Татарского пролива) в 2013 году. С помощью хромато-масс-спектрометрического анализа было установлено, что органическое вещество морских осадков Охотского и Японского морей в основном представлено следующими группами соединений: *n*-алканами, полиметилалканами, жирными кислотами, алифатическими спиртами, алканонами высокой молекулярной массы. На основании полученных масс-фрагментограмм также были рассчитаны основные геохимические коэффициенты и индексы, используемые в органической геохимии для определения источников происхождения органического вещества и его зрелости: пристан/фитан (Pr/Ph), пристан/гептадекан (Pr/C₁₇), фитан/октадекан (Ph/C₁₈), индексы четности CPI(C₁₅-C₁₉) и CPI(C₁₉-C₂₉), индекс терригенности органического вещества (TAR).

Органическое вещество осадочных отложений Татарского пролива состоит в основном из *n*-алканов с длиной углеродной цепи C₁₄-C₃₀. Молекулярно-массовое распределение *n*-алканов – преимущественно мономодальное, с максимумом приходящимся на область C₂₅-C₂₇. Для органического вещества Татарского пролива характерны высокие значения индексов Pr/Ph – от 1 до 4,5 (в среднем 2), а также Pr/C₁₇ – от 0,1 до 1,5 (в среднем 0,5) и Ph/C₁₈ – от 0,3 до 1,8 (в среднем 0,6), типичные для зрелого органического вещества терригенного генеза. Высокие значения индексов терригенности органического вещества (TAR) и индексов CPI (C₁₅-C₂₉) и (C₁₉-C₂₉) также подтверждают терригенное происхождение органического вещества. В осадочном материале четырех станций

(LV62-17HC; LV62-21HC; LV62-23HC; LV62-24HC) были идентифицированы трициклические дитерпаны, являющиеся биомаркерами растительного происхождения. Еще один растительный биомаркер - ретен (1-метил-7-(1-метилэтил)-фенантрен) был найден в органическом веществе осадочных отложений на станциях LV62-17HC, LV62-21HC; LV62-23HC. Высокое содержание растительных биомаркеров (ретена и трициклических дитерпанов) в органическом веществе морских осадков Татарского пролива указывают на постоянное и длительное поступление терригенного вещества с суши.

Таблица. Основные геохимические коэффициенты рассеянного органического вещества Охотского и Японского морей

	Pr/Ph	Pr/C ₁₇	Ph/C ₁₈	CPI (C ₁₅ -C ₁₉)	CPI (C ₁₉ -C ₂₉)	TAR
Японское море (Татарский пролив)	$\frac{1-4,5}{2}$	$\frac{0,1-1,5}{0,5}$	$\frac{0,3-1,8}{0,6}$	$\frac{1,19-2,2}{2}$	$\frac{1,19-2,2}{2}$	$\frac{0,91-34}{6}$
Охотское море (залив Терпения, Курильская котловина)	$\frac{0,1-0,8}{0,6}$	$\frac{0,2-0,7}{0,6}$	$\frac{0,2-0,5}{0,3}$	$\frac{1,1-6}{4}$	$\frac{1,5-7}{4}$	$\frac{1,36-23}{4}$

Органическое вещество осадочных отложений залива Терпения и западного борта Курильской котловины представлено в основном *n*-алканами с длиной углеродной цепи C₁₅-C₂₉. Молекулярно-массовое распределение *n*-алканов – преимущественно бимодальное с максимумами молекулярно-массового распределения *n*-алканов, приходящимися на области C₁₇-C₂₁ и C₂₅-C₂₇. Индекс Pr/Ph невысок и для всех образцов не превышает 0,8 (в среднем 0,6), что свидетельствует о происхождении органического вещества из морских источников. Этот вывод подтверждается низкими значениями индексов Ph/C₁₈ (от 0,2 до 0,5) и Pr/C₁₇ (от 0,2 до 0,7). Низкие показатели индексов Pr/Ph, Pr/C₁₇, Ph/C₁₈ также указывают на преимущественно восстановительную среду осадконакопления. В данном случае, высокие индексы терригенности (TAR) (в среднем 4) и четности (CPI) (в среднем 4) органического вещества морского осадка не обязательно могут быть вызваны преобладанием терригенной

компоненты. Подобное увеличение доли тяжелых *n*-алканов может быть следствием накопления в осадочных отложениях преобразованного органического вещества из диатомовых водорослей или архебактерий. Косвенно, этот вывод подтверждается присутствием в составе органического вещества осадочных отложений на некоторых станциях (LV62-05НС; LV62-07НС; LV62-08НС; LV62-15НС) неопределенного углеводорода сквалена, являющегося одним из основных липидов, продуцируемых галофильными, ацидофильными и метаногенными археями, а также диатомовыми водорослями. Кроме того, высокие величины индекса СРІ обычно характеризуют незрелое органическое вещество недавно сформировавшихся морских осадков. Незрелость органического вещества также подтверждается высоким содержанием во всех образцах карбоновых кислот с четным числом атомов углерода (тетрадекановая, гексадекановая, октадекановая, эйкозановая). В целом, органическое вещество осадков западного борта Курильской котловины и залива Терпения (LV62-02НС; LV62-05НС; LV62-07НС; LV62-08НС; LV62-12НС; LV62-15НС) – незрелое, морского происхождения с большим вкладом органического вещества бактериального генезиса. Диогенез органического вещества происходит в восстановительных условиях. Высокое содержание сквалена наиболее характерно для органического вещества морских осадков со станций LV62-07НС, LV62-08НС, LV62-05НС, расположенных в заливе Терпения. Газовые гидраты были обнаружены в морских осадках станций LV62-07НС и LV62-08НС на горизонтах 4 и 1,5 м, соответственно, а станция LV62-05НС характеризуется газонасыщенным осадком по всей длине керна. Высокое содержание сквалена в осадочных отложениях станций LV62-07НС, LV62-08НС, LV62-05НС показывает возможную связь потоков метана и залежей газовых гидратов с областями распространения галофильных, ацидофильных и метаногенных архей.

МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ ОСТРОВА АСКОЛЬД

А.А. Пугачев

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, pugachev@poi.dvo.ru

Остров Аскольд расположен в заливе Петра Великого в пятидесяти км к юго-востоку от Владивостока и в сорока км к западу от Находки. Остров имеет вид подковы. В центре находится бухта Наездник.

Первые геологические исследования на острове проведены в 1920 г. профессором П. П. Гудковым с целью систематизации золотоносных кварцевых жил. [1] В период в 1959-1960 годы проводились геологические работы с целью изучения геологического строения и оценки золотоносности этой территории. В этот период выполнялись геологические работы Аскольдовской геологической партией Приморского геологического управления [2].

В геологическом строении острова принимают участие осадочные, магматические и метаморфические породы различного состава и возраста [1]. Предшественниками осадочно-метаморфические породы отнесены к путятинской свите силур-нижнедевонского возраста, развитой на о-ве Путятин на основании сходства её вещественного состава с образованиями путятинской свиты [1].

Путятинская свита. К этой свите отнесены осадочно-метаморфические породы развитые в южной части острова, на юго-западном и юго-восточном мысах бухты Наездник. Она состоит из согласно переслаивающихся горизонтов темно-серых, иногда черных биотитовых роговиков и метаморфизованных конгломератов. Мощность прослоев от 5 до 50 м с преобладанием прослоев 5–10 м. Переход от конгломератов к роговикам обычно постепенный. В составе толщи наблюдаются прослои метаэффузивов мощностью до 50 м, представленных порфиритами, туфами и туфопесчаниками [1].

Было проведено несколько маршрутов по побережью бухты Наездник, в ходе которых отобраны образцы гранитов и метаморфизованных пород. Изготовлены шлифы и сделано несколько геохимических анализов. Изученные породы представлены сланцами, метосоматитами и катаклазированными базальтами.

Плагиоклаз – биотит - амфибол – кварцевый сланец. Состоит на 70% из зерен кварца около 1,5 мм; на 20% из амфибола размером около 0,2 мм. Хлорит представлен листочками около 0,4 мм и составляет около 5% шлифа. Биотит представлен отдельными листочками размером около 0,4 мм. Занимает около 5% шлифа. Плагиоклаз представлен андезином 36-40%. Размер зерен до 0,5 мм. Составляет около 3% шлифа. Из аксессуарных минералов присутствует сфен. Структура породы нематогранобластовая.

Эпидот – кварц – хлорит – карбонат – амфиболитовый метосоматит с редкими кристаллами плагиоклаза и клинопироксена. Отмечаются микролиты плагиоклаза деанартозированные и сосюрицитизированные. Кварц мендалекаменной структуры занимает около 5% шлифа. В просечках кварц, бурая роговая обманка (амфибол) и хлорит. Текстура реликтовая порфириовидная. Структура нематобластовая, вторичная микролитовая.

Интенсивно катаклазированные базальты с амфиболитовым (тремолитовым) замещением (туфобрекчий). Порфиры клинопироксена замещены амфиболом. Реликтовые вкрапления плагиоклаза серецитизированного, сосюритизированного и деанортизированного замещены серицитом и сноповидным тремолитом. Смесь серицита (около 5%) и тремолита развита по девитрофицированному вулканическому стеклу. Кварц сосредоточен в прожилках около 10%. Также серицит сосредоточен в гнездах. Аксессуарный: лейкоксен. Текстура породы массивная, структура реликтовая порфириовая, вторичная нематобластовая.

На основании геохимических данных эти породы могут быть отнесены к исходному составу умереннокалиевых базальтов – андезитов нормальной щелочности.

Литература

1. Леликов Е.П. Остров Аскольд: геологическое строение, золотоносность/Е.П. леликов // Вестник ДВО РАН. – 2013. - №6. С. 189 – 197.
2. Денисов Г.А., Леликов Е.П. Отчет о геолого-поисковых работах на золото, проведенных на острове Аскольд в 1959-1960 годах. Фонды Приморского геологического управления. Владивосток. 1961 г. 135 с.

ДИАТОМОВАЯ ФЛОРА ПОЗДНЕГО ГОЛОЦЕНА АМУРСКОГО ЗАЛИВА ЯПОНСКОГО МОРЯ

И.А Прушковская

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, prushkovskaya@poi.dvo.ru

Амурский залив является заливом второго порядка залива Петра Великого, располагаясь в его северо-западной части. Средние глубины Амурского залива 15-30 м, максимальные глубины не превышают 50 м. В Амурский залив впадает самая крупная река Южного Приморья – р. Раздольная, которая влияет на особенности осадконакопления в его северной части. Годовой суммарный речной сток достигает $2,5 \text{ см}^3$ [5]. Внутригодовые вариации твердого и жидкого стока составляют несколько порядков [4]. В работе представлены результаты изучения диатомовых водорослей позднего голоцена. Диатомеи, доминирующие в фитопланктоне и поверхностных осадках Амурского залива, отражают прижизненные условия осадконакопления [2, 6, 7], что позволяет использовать их как одну из наиболее информативных палеонтологических групп для палеореконокструкций.

Ранее в Амурском заливе была изучена диатомовая флора диатомей в поверхностных осадках [6] и в осадках, накопившихся за последние 150 лет [7]. В поверхностных осадках (0-1 см) было установлено 221 вид и внутривидовых таксона, принадлежащим к 83 родам. Диатомовая флора состоит в основном из морских и солоноватоводных видов, характерных для эстуариев, и пресноводных видов, привнесенных в осадки речным стоком. В осадках Амурского залива, которые накапливались последние 150 лет, установлено 176 видов диатомей, принадлежащих к 76 родам. Постоянными компонентами диатомовой флоры этих осадков являются преимущественно бентосные эстуарные виды диатомей – *Diploneis smithii*, *D. subcineta*, *Tryblionella compressa*, *Cocconeis scutellum*, *Trachyneis aspera*, *Grammatophora oceanica*, *Arachnoidiscus ehrenbergii*, *Auliscus sculptus* и др.

Целью данного исследования являлось изучение диатомовой флоры из осадков позднего голоцена для восстановления палеоусловий Амурского залива в это время [1]. Для этого был исследован таксономический и экологический состав диатомей, их количественное содержание в осадках. Материалом исследования послужила колонка LV66-3 из Амурского залива, отобранная в 66

рейсе НИС «Академик М.А. Лаврентьев» в 2014 году на глубине 33 м. Выделение диатомей из осадков проводилось по стандартной химико-технической методике с использованием тяжелой калиево-кадмиевой жидкости [3].

В результате исследования было изучено 54 образца (с шагом 10 см). Диатомовая флора изученных осадков представлена 131 видом, принадлежащим к 58 родам. Наибольшее число видов диатомей характерно для родов *Cocconeis* (10), *Diploneis* (8), *Chaetoceros* (7), *Aulacoseira* (5), *Campylodiscus* (5), *Grammatophora* (5), *Nitzschia* (5), *Coscinodiscus* (4), *Cymbella*(4), *Thalassiosira* (4) и *Tryblionella* (4). Диатомовая флора представлена в основном морскими видами (62,87%), солоноватоводные и пресноводные диатомеи имеют почти равные значения (17,42% и 16,66%), отмечены вымершие пресноводные виды (3,03%). По количеству видов среди морских и солоноватоводных диатомей преобладали бентосные виды – 65 видов (49,24 %), планктонные составляли 31 (23,48%) вид, океанические – 9 (6,81%). Пресноводных было встречено 26 видов (19,69%), 4 из которых вымершие. По численности доминировали опять же бентосные виды – 61,21%, субдоминировали неритические – 30,13%, океанические виды представлены незначительным количеством (2,08%). Пресноводные составляли 6,56%, из которых бóльшую часть занимали вымершие виды (4,88%).

По содержанию диатомей на г осадка и экологической структуре диатомовых комплексов колонка подразделяется на 2 горизонта: нижний горизонт (инт. 470-200 см) характеризуется относительно высоким содержанием диатомей (до 1,65 млн. экз./г), верхний горизонт (инт. 200-0 см) отличается заметным уменьшением содержания диатомей (0,18-0,56 млн. экз./г), увеличением процентного содержания тепловодных видов. Количественное содержание диатомей снижается снизу в вверх по колонке. Самый верхний интервал (20-0 см) характеризуется резким возрастанием количества диатомей в осадке, а их видовой состав полностью соответствует таковому поверхностных осадков.

Работа проводилась по программе ФНИ ТОИ ДВО РАН (тема 75.5) и частично финансировалась по программе "Дальний Восток" (проекты № 15-1-1-003, № 15-1-1-004о) и РФФИ (№15-05-06845).

Литература

1. Акуличев В.А., Астахов А.С., Карнаух В.Н., Аксентов К.И., Артёмова А.В., Босин А.А., Верещагина О.Ф., Вологина Е.Г., Иванов М.В.,

- Калинчук В.В., Суховеев Е.Н. Геоакустические признаки миграции метана субаквальных угленосных толщ в голоценовый осадочный чехол (Амурский залив Японского моря) // Доклады Академии Наук. 2015. Т. 460. № 5. С. 589–594.
2. Бегун А.А., Орлова Т.Ю., Звягинцев А.Ю. Фитопланктон Амурского залива Японского моря в районе г. Владивостока // Альгология. 2003. Т. 13. № 2. С. 204-215.
3. Жузе А.П. Стратиграфические и палеогеографические исследования в северо-западной части Тихого океана. Москва: Из-во АН СССР, 1962. 260 с.
4. Михайлик Т.А., Тищенко П.Я., Колтунов А.М., Тищенко П.П., Швецова М.Г. (2011) Влияние реки Раздольной на экологическое состояние вод Амурского залива (Японское море). *Водные ресурсы* 38(4), 474-484.
5. Подорванова Н.Ф., Ивашинникова Т.С., Петренко В.С., Хомичук Л.С. Основные черты гидрохимии залива Петра Великого (Японское море). Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. 201 с.
6. Цой И.Б., Моисеенко И.А. Диатомей поверхностных осадков Амурского залива Японского моря // Биология моря. 2014. Т. 40. № 1. С. 20-25.
7. Tsoy I., Prushkovskaya I., Aksentov K., Astakhov A. Environmental Changes in the Amur Bay (Japan/East Sea) during the last 150 Years Revealed by Examination of Diatoms and Silicoflagellates // Ocean Science Journal. 2015. V. 50. № 2. P. 433-444.

ГАЗОВЫЕ ГИДРАТЫ И АНОМАЛЬНЫЕ ПОЛЯ МЕТАНА В ТАТАРСКОМ ПРОЛИВЕ ЯПОНСКОГО МОРЯ И В ОХОТСКОМ МОРЕ

Н.Л. Соколова

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, natav81@mail.ru

14-30 июня 2015 г. состоялась экспедиция SSGH-2015 на НИС «Академик М.А. Лаврентьев» (рейс LV70). Она осуществлялась в Татарском проливе Японского моря и в районе западного склона Курильской котловины Охотского моря.

На пяти станциях в Татарском проливе обнаружены газогидраты. На двух станциях газогидраты отобраны в донных осадках в районе на склоне Сахалина, открытого в 2012 г. (на глубине 322 м). В этом же районе открыта и новая площадь с газогидратами. В экспедиции исследован район западного склона Сахалина на глубине 600 м, где были обнаружены потоки пузырей

метана из донных отложений в воду. Благодаря исследованиям, в этом районе в донных отложениях был обнаружен мощный слой газогидратов. На станции в этом районе гидростатическая трубка была заполнена газогидратами, а на следующей станции, расположенной в нескольких километрах от предыдущей, были обнаружены слои газогидратов. Этот газогидратсодержащий район выявлен впервые в Татарском проливе [1].

Особенности распределения метана в водной толще изучались на акватории Татарского пролива Японского моря к западу от о. Сахалин в районах, прилегающих к зоне шельфа, где глубина моря составляла около 200-300 м, а также на склоне и в глубоководных районах, до 820 м. В Курильской котловине в Охотском море в районе так называемого «Курильского факела» (зафиксированного в предыдущие годы, но не обнаруженного в 2015 г.) - на глубине 2405 м.

СТД-зондирование и пробоотбор морской воды производились после подъема осадочных колонок в районах, где были обнаружены подводные газовые факелы, зафиксированные по обратному рассеянию при эхолучевой локации, в местах с соответствующей морфологией дна и в районе фоновых станций. Распределение метана в водной толще было неравномерным. На станциях с глубиной до 325 м практически на всех наблюдался придонный максимум концентраций метана от ≈ 1000 нл/л и более, с максимальным значением на станции СТД-08 (6439 нл/л). Исключение составили станции СТД-27 (352 нл/л) и СТД-33 (475 нл/л). Однако именно на станции СТД-27 на глубине 150 м был зафиксирован максимум концентрации метана в промежуточном слое воды – 8573 нл/л.

В районах глубоководных станций (СТД-станции 14, 16, 24, 29, 35, 36) также наблюдался неоднородный характер распределения метана по глубине. Тем не менее, практически на всех станциях на глубине 100-150 м (в среднем) отчетливо выделялся слой с повышенным содержанием метана (максимум на станциях 24, 29 и 35 - 1754 нл/л, 1011 нл/л и 953 нл/л, соответственно). На станции СТД-35 выявлен горизонт на глубине 600 м с максимальным значением здесь 2608 нл/л.

Станция СТД-14 (в районе станции LV70-13НС грунтового пробоотбора) выполнена как фоновая с максимальным значением в придонном слое воды – более 2500 нл/л (740 м) и 141 нл/л в приповерхностном слое воды. Станция СТД-29 (в районе станции

LV70-28HC) также фоновая – с концентрацией метана у поверхности 155 нл/л и 717 нл/л в придонном слое воды (603 м), за исключением слоя на глубине 140 м – 1011 нл/л.

В зоне влияния «Курильского факела» концентрации метана низкие – около 100 нл/л, но кривая его распределения тоже имеет максимумы под поверхностью (161 м – 739 нл/л) и в промежуточном слое (1500 м – 1106 нл/л).

В Татарском проливе был выполнен гидрологический разрез (CTD-станции 35, 36, 37), на глубинах от 700 до 200 м. Распределение метана в водных колонках до глубины 600 м характеризовалось увеличением концентраций метана от поверхности (≈ 130 нл/л) до придонных слоев моря (≈ 400 нл/л). В глубоководной части были отмечены значения от 700 нл/л в приповерхностных слоях до 1194 нл/л у дна (696 м), с максимальным значением на глубине 600 м.

Таким образом, водные колонки в пределах исследуемых акваторий характеризуются многослойным распределением метана, которое, вероятно, связано с активными динамическими гидрологическими и геологическими процессами на шельфе и склоне острова Сахалин, где наблюдаются пузырьковые выходы метана из осадочных отложений в воду.

Литература

1. Отчет по результатам экспедиционных исследований по проекту «SSGH-2015» в 70 рейсе на НИС «Академик М.А. Лаврентьев», 14–30 июня 2015 г. / ТОИ ДВО РАН ; рук. Обжиров А.И. ; исполн. Николаева Н.А. [и др.]. - Владивосток, 2015.

ОСАДОЧНЫЕ ВОЛНЫ НА ЗАПАДНОМ СКЛОНЕ КОТЛОВИНЫ ДЕРЮГИНА И ШЕЛЬФЕ О.САХАЛИН

Е.Н. Суховеев

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, sukhoveev@poi.dvo.ru

Изучаемая область расположена на северо-восточном склоне и шельфе о. Сахалин. Глубина моря увеличивается от 150 м у бровки шельфа до 1750 м в направлении котловины Дерюгина. Рельеф дна преимущественно спокойный.

Осадочными волнами (ОВ) называются мигрирующие аккумулятивные образования, представляющие собой последовательность холмов, преимущественно асимметричных. Возникают на участках морского дна в результате постоянно либо периодически действующих придонных течений и гравитационных перемещений донных осадков. Длина ОВ составляет в различных условиях от сотен метров до нескольких километров, высота – от нескольких до сотен метров. Площадь распространения таких образований называется полем осадочных волн. В случае образования под воздействием течения гребни волн ориентированы перпендикулярно его направлению.

По данным НСП, полученным с пневматическими источниками, электроискровым источником «спаркер» и высокочастотным профилографом по плотной сети профилей, осадки верхней части разреза характеризуются хорошо стратифицированными отражениями высокой интенсивности. Выделяются три типа осадочных волн (см. рис.). Погребённые ОВ (тип 1) фиксируются к северо-востоку от полуострова Шмидта. Мощность слоя, сформированного осадочными волнами, достигает 150 мс в западной части поля, выклиниваясь в восточном направлении. Длина волн 600 – 800 м, высота 15 – 25 мс. Мощность перекрывающих отложений 70 – 100 мс.

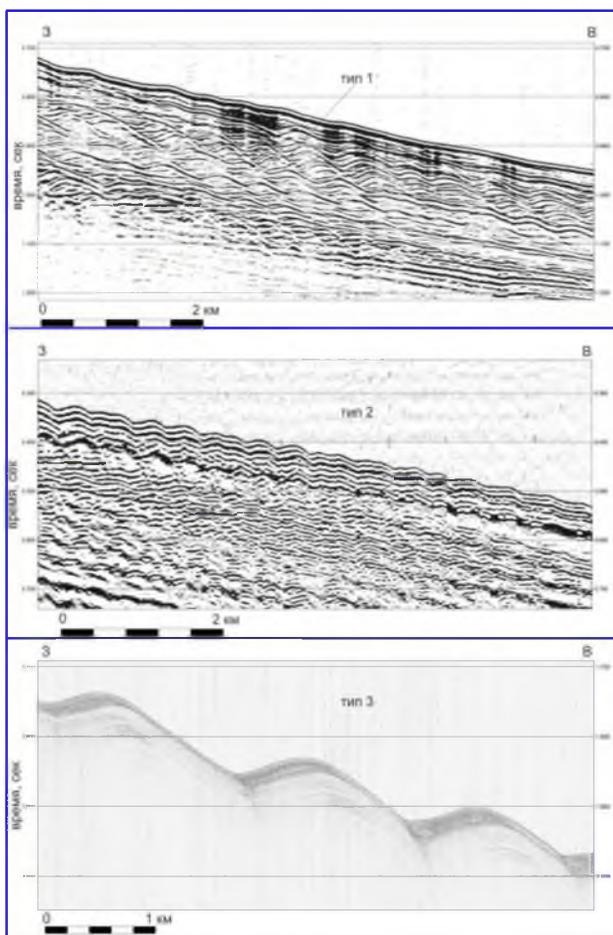
Вдоль северо-восточного побережья Сахалина, в интервале глубин 200 – 500 м, осадочные волны симметричные относительно гребней (тип 2), без видимой боковой миграции (стоячие волны).

Современное поле ОВ (тип 3) выделяется в интервале глубин 250 – 450 м на широте $54^{\circ}5'$, достигая глубины 1300 – 1700 м на широте $52^{\circ}53'$. В плане имеет форму, вытянутую в направлении ССЗ – ЮЮВ, протяжённостью 160 – 180 км, шириной 12 – 14 км. Длина волн достигает 1700 -1900 м, высота до 90 м. Можно выделить следующие особенности строения осадочных волн 3-го типа:

- различная скорость осадконакопления. На стороне волны обращённой вверх по склону фиксируется наращивание мощности слоя, что влечёт эффект «бегущей волны»

- отдельные рефлекторы прослеживаются от волны к волне без перерывов.

- поле осадочных волн, в общем, имеет слегка выгнутую вверх поверхность, формируя положительную форму рельефа.



Фрагменты профилей НСП, показывающие осадочные волны различного типа

Данные особенности, согласно ряду авторов [2, 3], свидетельствуют о формировании отложений под воздействием донных течений. Как известно [1], для Охотского моря характерна циклоническая направленность перемещения водных масс. В данном районе моря проявляется Восточно-Сахалинское течение, омывающее восточный берег острова с севера на юг. По некоторым оценкам [4] река Амур выносит около 52×10^6 тонн осадка в год. Вероятно, осадочный материал, выносимый р. Амур,

подхватывается циркулирующими потоками и переносится с севера на юг вдоль восточного склона о. Сахалин, где происходит его отложение под влиянием силы Кориолиса – вправо от течения, т.е. вверх по склону. Также не стоит исключать вклад переотложения осадков в формировании рассматриваемых ОВ. Наибольшая мощность поля осадочных волн на южном фланге достигает 0.7 с, в то время как на северной границе достигает первых десятков миллисекунд. Максимальные высота и длина волн достигаются в центральной части поля, уменьшаясь к периферии. Таким образом, процесс формирования поля ОВ третьего типа инициировался в глубоководной части (западный склон котловины Дерюгина), постепенно смещаясь в северо-западном направлении. Возможная причина миграции – погружение ложа осадконакопления, вызванное подъёмом уровня моря. Большая мощность осадочной толщи в глубинной части свидетельствует о стабильности гидрологической обстановки на протяжении длительного времени.

Литература

1. Власова Г.А., Васильев А.С., Шевченко Г.В. Пространственно-временная изменчивость структуры и динамики вод Охотского моря. М.: Наука, 2008. 38-51 с.
2. Faugeres J.C., Stow D., et al. Seismic features diagnostic of contourite drifts // *Marine Geology*. 1999. V. 162. P. 1-38.
3. Lee H., Syvitski J., et al. Distinguishing sediment waves from slope failure deposits: field examples, including the 'Humboldt slide', and modelling results // *Marine Geology*. 2002. V. 192. P. 79-104.
4. Lüdmann T. Sedimentation processes within the northwestern Okhotsk Sea // KOMEX Cruise Report RV «Professor Gagarinsky». Cruise 32. GEOMAR Report 105 /Lüdmann T., Baranov B., Karp B. (Eds.). Kiel, 2002. P. 24.

ГЕОМАГНИТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЮГО-ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ И АКВАТОРИИ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО

А.С. Теличко, С.А. Зверев

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, a_telichko@mail.ru

В юго-западной части залива Петра Великого и на прилегающем участке побережья выделены интенсивные знакопеременные магнитные аномалии. Для выявления источников

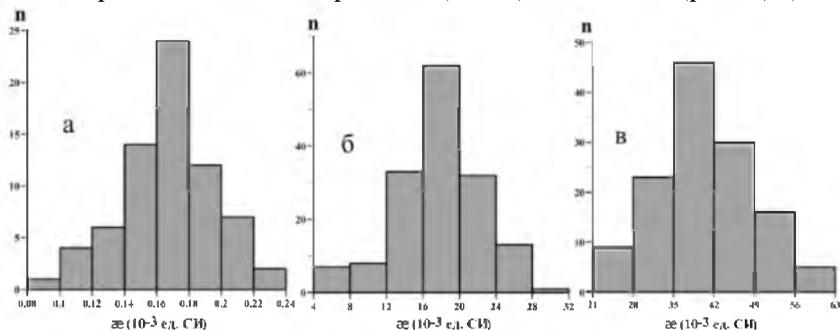
аномального магнитного поля реализовано решение задачи разделения структурно-вещественных комплексов горных пород побережья на основе петромагнитных исследований.

Петромагнитные исследования геологической среды выполнены на юго-западном побережье Приморья южнее бухты Рейд Паллада: от бухты Пемзоява до горы Голубиный Утёс и на о. Фуругельма. Для определения статистической меры содержания в породах ферромагнитных минералов титаномагнетитового ряда использованы результаты измерений магнитной восприимчивости горных пород в береговых обнажениях.

о. Фуругельма – фрагмент палеозойской гранитной интрузии тектонически деформированной и вскрытой эрозией. Магнитная восприимчивость (χ) гранитов острова Фуругельма характеризуется невысокими значениями $(0,01-0,2) \cdot 10^{-3}$ ед. СИ. В скальных обнажениях острова вскрыты эрозией плагиограниты, осложнённые дайками гранит-аплитов, андезитовых порфиров, жилами кварца и зонами дробления. Магнитная восприимчивость андезитовых порфиров на порядок выше, чем у гранитов и составляет $(2-3) \cdot 10^{-3}$ ед. СИ. Отложения пляжей представлены окатанными обломками магматических пород от кислого до основного состава. Пески низкой морской террасы и пляжей в западной части острова также слабомагнитны $(0-3) \cdot 10^{-3}$ ед. СИ. Однако, в устье ручья на западном побережье о. Фуругельма при шлиховом опробовании в объёме одного лотка отмыто около 3-х кг титаномагнетита. Аномально высокие значения магнитной восприимчивости песчаных отложений достигают $49 \cdot 10^{-3}$ ед. СИ.

Граниты гамовского комплекса на побережье бухт Сивучья и Калевала, м. Островок Фальшивый, на восточном побережье залива Посьета, магнитная восприимчивость которых изучена на основе многочисленных измерений в естественном залегании, характеризуются невысокими значениями исследуемого параметра $(0,08-0,24) \cdot 10^{-3}$ ед. СИ (рис. а), сопоставимыми с гранитами о. Фуругельма. Наиболее «магнитны» гранитоиды гвоздевского гранит-лейкогранитового комплекса, слагающие восточную часть Голубиногo утеса $(0,5-6) \cdot 10^{-3}$ ед. СИ. Широко проявленные метасоматические и гидротермальные образования, связанные со становлением комплекса, не привели к существенным изменениям магнитных свойств. Гранодириты гамовского комплекса изученные на северном побережье бухты Пемзоява - серые гнейсовидные породы характеризуются достаточно высокой магнитной

восприимчивостью $(4-32) \cdot 10^{-3}$ ед Си (рис. б). Позднерифейский петротипический массив полуострова Сулова, с юга прорванный гранодиоритами гамовского комплекса, содержит ксеногенный блок, в котором метаморфические породы трансформированы в высокотемпературные гиперстен-биотитовые метасланцы. Массив более чем на 90 % сложен габбро. Магнитная восприимчивость этих пород изменяется в пределах $(21-63) \cdot 10^{-3}$ ед. Си (рис. 1, в).



Гистограммы магнитной восприимчивости горных пород юго-западного побережья залива Петра Великого: а) средне-зернистые розово-серые граниты (мыс Островок Фальшивый); б) гранодиориты (бухта Пемзоя); в) средне-зернистые, мелко-зернистые габбро (полуостров Сулова).

Габброиды суловского комплекса прямонамагнитны, по мнению А.Н. Сокарева, их намагниченность является вторичной. Наиболее высокими значениями магнитной восприимчивости $(67-81) \cdot 10^{-3}$ ед. Си характеризуются гидротермально измененные габбро с жильной магнетитовой минерализацией, приуроченные к многочисленным тектонически ослабленным зонам. Гидротермальные изменения пород на рассматриваемой территории развиты повсеместно и характеризуются различной минерализацией, следствием которой может быть уменьшение магнитной восприимчивости габбро до $(0.4-25) \cdot 10^{-3}$ ед Си.

Поскольку статистически значимое различие петромагнитных параметров изучаемых геологических тел и вмещающих их пород – обязательное условие возникновения геомагнитных аномалий, в процессе исследования решена самостоятельная методическая задача - выделение и разделение петромагнитных комплексов магматических пород юго-западного побережья залива Петра Великого. Выделены три комплекса магматических образований, различающихся по магнитной

восприимчивости: слабомагнитные палеозойские интрузивы кислого состава (о. Фуругельма, б. Сивучья, б. Калевала, м. Островок Фальшивый, г. Голубиный утес); относительно высоко магнитные палеозойские гранодиориты (б. Пемзовая); сильномагнитные габброиды петротипического массива п-ова Суслова. В петротипическом массиве полуострова Суслова быть выделены три группы габброидов: магнитные, относительно слабомагнитные и сильномагнитные. Это связывается нами с широко проявленными вторичными преобразованиями пород, которые подразделяются, как минимум, на две стадии.

Анализ магнитной восприимчивости горных пород выявил резкую дифференциацию магматических образований по магнитным свойствам, которая позволяет провести интерпретацию результатов геомагнитного картирования и выявить интрузивные тела различного состава, участки аномальной концентрации магнитных минералов в зонах вторичных изменений и др.

ОТКЛИК РАДИОЛЯРИЙ НА ГЛОБАЛЬНЫЕ ОРБИТАЛЬНЫЕ И ТЫСЯЧЕЛЕТНИЕ ОСЦИЛЛЯЦИИ КЛИМАТА И СРЕДЫ ОХОТСКОГО МОРЯ В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ И ГОЛОЦЕНЕ

Е.А. Янченко, С.А. Горбаренко

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, yan@poi.dvo.ru

В настоящее время изучению глобальных и региональных изменений климата на тысячелетней шкале, уделяется особое внимание научных исследователей. Уникальное географическое положение Охотского моря, продолжительный сезонный ледовый покров и высокая первичная продуктивность, обуславливают высокую чувствительность природной системы моря к изменениям, связанным с орбитальными и тысячелетними осцилляциями климата.

На основании результатов высокоразрешающего изучения датированных осадков Охотского моря за последние 350 тыс. лет, представленных в работах Горбаренко и др. [1 - 4] выявлена реакция палеосреды Охотского моря на быстрые потепления и похолодания климата региона, синхронные климатическим циклам, зафиксированным в ледяных ядрах Гренландии (GI и GS; [7]) и в

сталагмитах из пещер Китая (CI и CS; [9, 10]). В последующих работах [5, 8] на основе геохимических и микропалеонтологических данных (диатомовых водорослей и бентосных фораминифер) с высоким временным разрешением впервые были показаны изменения поверхностных вод и придонных условий Охотского моря связанные с тысячелетними климатическими осцилляциями.

Исследований с высоким хроностратиграфическим разрешением, направленных на изучение отклика радиолярий на тысячелетние вариации климата и среды крайне мало. Ранее подобные исследования радиолярий (но с меньшим временным разрешением) были проведены в Японском море [6], а для Охотского моря такое исследование выполнено впервые.

В настоящей работе рассматривается общее содержание радиолярий, абсолютное и относительное содержание доминирующих видов в осадках керна из центральной части Охотского моря, в пределах морских изотопных стадий (МИС) МИС 1 - МИС 5 на основе установленной возрастной шкалы [2, 4, 11], с положением тысячелетних циклов изменений климата и записями изменений разных индексов продуктивности и активности морских льдов.

Было установлено, что тренд содержания радиолярий изменяется синхронно на орбитальной шкале и преимущественно определяется вариациями палеопродуктивности и поступлением общей органики в водную толщу. В свою очередь продуктивность Охотского моря зависит от условий формирования и распространения морских льдов и увеличивается во время более теплых МИС 5, 3 и 1 с менее продолжительным сезонным покровом морских льдов. Из различных рассмотренных нами индикаторов продуктивности, только Ba-bio наиболее близко отражает изменения содержания радиолярий, вероятно, это обуславливается тем, что аккумуляция нерастворимого барита в осадках зависит от степени разложения органики, необходимой для питания радиолярий, непосредственно в водной тоще.

Изменение содержания радиолярий на тысячелетней шкале также преимущественно контролируется вариациями продуктивности фотического слоя. Тысячелетние минимумы продуктивности, ассоциирующиеся с холодными событиями GS/CS вызывали значительные резкие уменьшения концентраций радиолярий, а последующие увеличения продуктивности во время

GI/CI приводили к более плавному росту содержания радиоларий. Такой тип изменений содержания радиоларий во времени более сходен с вариациями $\delta^{18}\text{O}$ карбоната сталагмитов из пещер Китая, нежели $\delta^{18}\text{O}$ льда Гренландии и, вероятно, преимущественно определяется изменчивостью зимних муссонов Восточной Азии, влияющих на среду и ледовый покров Охотского моря.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (научные проекты № 16-05-00127 а, № 16-55-53048 ГФЕН_а) и Дальневосточного отделения Российской академии наук (программа № 14-ННС-002).

Литература

1. Gorbarenko, S.A., Goldberg, E.L., Kashgarian, M., Velivetskaya, T.A., Zakharkov, S.P., Pechnikov, V.S., Bosin, A.A., Psheneva, O.Yu., Ivanova, E.D., 2007. Millennium scale environment changes of the Okhotsk Sea during last 80 kyr and their phase relationship with global climate changes // *Journal of Oceanography* 63, 609 – 623.
2. Gorbarenko, S.A., Harada, N., Malakhov, M.I., Vasilenko, Y.P., Bosin, A.A., Goldberg, E.L., 2010a. Orbital and millennial-scale environmental and sedimentological changes in the Okhotsk Sea during the last 350kyr. *Global Planet. Change* 72, 79–85.
3. Gorbarenko, S.A., Psheneva, O.Yu., Artemova, A.V., Matul', A.G., Tiedemann, R., Nürnberg, D., 2010b. Paleoenvironment changes in the NW Okhotsk Sea for the last 18 kyr by micropaleontologic, geochemical, and lithological data // *Deep-Sea Res. I* 57, 797–811.
4. Gorbarenko Sergey A., Harada Naomi, Malakhov Mikhail I., Velivetskaya Tatyana A., Vasilenko Yuriy P., Bosin Aleksandr A., Derkachev Aleksandr N., Goldberg Evgeniy L., Ignatiev Aleksandr V., 2012. Responses of the Okhotsk Sea environment and sedimentology to global climate changes at the orbital and millennial scale during the last 350kyr // *Deep-Sea Res. II* 61–64, 73–84.
5. Gorbarenko Sergey A., Artemova Antonina V., Goldberg Evgeniy L., Vasilenko Yuriy P., 2014. The response of the Okhotsk Sea environment to the orbital-millennium global climate changes during the Last Glacial Maximum, deglaciation and Holocene // *Global and Planetary Change* 116, 76–90.
6. Itaki Takuya, Komatsu Nozomi, Motoyama Isao., 2007. Orbital- and millennial-scale changes of radiolarian assemblages during the last 220 kyrs in the Japan Sea // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 247, 115–130.
7. North GRIP (Greenland Ice Core Project Members), 2004. High resolution climate record of the Northern Hemisphere reaching into the last interglacial period. *Nature* 431, 147–151.
8. Psheneva, O.Yu., Gorbarenko, S.A., 2013. Response of bottom environments in the central Sea of Okhotsk to orbital and millennial scale climate changes

during the last 130,000 years according to benthic foraminifera. Dokl. Akad. Nauk 452, 449–452 (in Russian).

9. Wang, Y.J., Cheng, H., Edwards, R.L., An, Z.S., Wu, J.Y., Shen, C.-C., Dorale, J.A., 2001. A high-resolution absolute-dated late Pleistocene monsoon records from Hulu Cave, China. Science 294, 2345–2348.

10. Wang, Y.J., Cheng, H., Edwards, R.L., Kong, X.G., Shao, X.H., Chen, S.T., Wu, J.Y., Jiang, X.Y., Wang, X.F., An, Z.S., 2008. Millennial- and orbital-scale changes in the East Asian monsoon over the past 224,000 years. Nature 451, 1090–1093.

11. Yanchenko E.A., Gorbarenko S.A. 2015. Radiolarian responses of the central Okhotsk Sea to the global orbital and millennial scale climate oscillations over last 90 kyr. Journal of Asian Earth Sciences 114 (3). 601-610

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ АМУРСКОГО ЗАЛИВА И ЗАЛИВА ВОСТОК

Е.А. Лопатников, Е.И. Ярошук

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, e.yaroshchuk@poi.dvo.ru

В докладе приводятся данные о химическом составе осадков из заливов Амурского и Восток, отобранных в экспедиционных работах в 67 рейсе НИС «Гагаринский» осенью 2015 года. Поверхностные пробы донных осадков отбирались дночерпателем из верхнего слоя (2-3 см) осадков различных морфометрических участков. Колонки донных осадков отбирали трубкой ГОИН длиной 1,5 м.

Содержание ртути определяли атомно-абсорбционным методом на анализаторе РА-915+ с пиролитической приставкой РП-91С (производитель ООО Люмэкс, Санкт-Петербург). Анализ выполнялся без предварительной пробоподготовки с использованием стандартных образцов состава ГСО 7263-96 и ГСО 7183-95. Анализ химического состава отобранных проб донных осадков был выполнен на рентген-флуоресцентном энергодисперсионном спектрометре The Fisher Scientific ARL Quint`X с использованием программного пакета Method Explorer; пробы анализировались в виде порошков в воздухе. В итоге определено содержание 20 химических элементов.

По гранулометрическому составу пробы донных осадков на полигоне работ в Амурском заливе относятся к

мелкоалевролитовым илам с обломками битых раковин [2], в заливе Восток - к крупноалевролитовому типу. Для осадков обоих полигонов были определены процентные содержания К, Са, Fe, Mn, Ti. в осадках Амурском заливе Концентрация Fe варьируется от 3,465 до 4,230 % , Mn - от 0, 0203 до 0.0255. Микроэлементы- Ni, Cu, Zn, Ga, As, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Pb, Th (ppm) , представленные в данных пробах по содержанию имеют однородный характер. Осадки залива Восток характеризуются более низкие значения содержания Fe от 1,33 до 1,39%. А также в отношении микроэлементов прослеживается данная особенность.

Содержание ртути, изученное в поверхностном слое донных осадков Амурского залива относительно однородно- в среднем 49,6 нг/г. Уменьшение содержания ртути отмечается лишь по разрезу наиболее длинной колонки – 43 см, начиная с интервала 5-10 см. Это связано с тем, что во внутренней части шельфа с высокими скоростями осадконакопления наиболее загрязнен верхний слой, мощность которого и концентрации в нем ртути существенно различается по районам. Наиболее обычный характер таких изменений – постепенное увеличение снизу вверх, иногда с наличием подповерхностного максимума на глубине 5-15 см [1]. В заливе Восток в отобранных пробах поверхностного слоя донных осадков отмечено значение концентрации ртути от 2нг/г до 15 нг/г.

Таким образом, осадки практически одинакового содержания по Mn и К, но донные осадки залива Восток характерны более низким содержанием Fe и Hg. Такое распределение ртути в поверхностном слое донных осадков залива Восток может быть связано с тем, что данный район испытывает наименьшую антропогенную нагрузку по сравнению с Амурским заливом. Низкое содержание Fe в пробах донных осадках залива Восток объясняется более крупнозернистым составом донных отложений.

В целом, содержания всех изученных химических элементов находились на обычных уровнях, характерных для соответствующих гранулометрических типов донных осадков залива Восток и Амурского залива.

Литература

1. Аксентов К.И., Астахов А.С. Антропогенное загрязнение ртутью донных осадков залива Петра Великого// Вестник ДВО РАН, 2009. №.4. С.115-121.
2. Васильев Б.И., Марков Ю.Д. Рельеф и донные отложения Амурского залива// Вопросы геологии и геофизики окраинных морей северо-

западной части Тихого океана. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1974. С. 98-113.

3. Аникеев В.В., Дударев О.В., Касаткина А.П., Колесов Г.М. Влияние терригенных и биогенных факторов на формирование седиментационных потоков химических элементов в прибрежной зоне Японского моря // Геохимия. 1996. № 1. С. 59-72.

4. Лихт Ф.Р., Астахов А.С., Боцул А.И. и др. Структура осадков и фации Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983. 286 с.

5. Поляков Д.М. Накопление тяжелых металлов донными осадками Амурского залива // Современное состояние и тенденции изменения природной среды залива Петра Великого Японского моря. М.: ГЕОС, 2008. С. 163-173.

6. Поляков Д.М., Аксентов К.И., Иванов М.В. Ртуть в донных отложениях маргинального фильтра р. Раздольная (Амурский залив) // Геохимия. 2008. № 6. С. 666-673.

СЕКЦИЯ 3 Экология океана. Биоресурсы океана

ПОДХОДЫ К РАЦИОНАЛЬНОМУ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЮ В ПРИБРЕЖЬЕ ПРИМОРЬЯ

А.А. Альшанский¹, В.Н. Кулепанов^{1,2}

¹МГУ им. адм. Г.И. Невельского, г. Владивосток, alshanskiv92@mail.ru

²ФГБНУ «ТИНРО-Центр», г. Владивосток, kulepanov@tinro.ru

Приморье регион Дальнего Востока России, где хозяйственная деятельность ведется наиболее активно. Наличие крупных портов, рыболовство, марикультура и рекреационная и другая деятельность в море и на берегу – всё это создает огромную нагрузку на прибрежную зону. Из дальневосточных регионов по интенсивности воздействия техносферы на окружающую среду с Приморьем может сравниться только шельф Сахалина, где добываются углеводороды. В результате взаимодействия разных пользователей природных ресурсов неизбежны противоречия и столкновения интересов. Решение этих проблем возможно в рамках разработки эффективной системы комплексного управления процессами в прибрежных зонах. Комплексное управление прибрежной зоной (КУПЗ) представляет собой процесс выработки и принятия решений, направленный на гармонизацию социально-экономического развития прибрежных регионов в целях их устойчивого развития [1]. Большой опыт методологии КУПЗ накоплен за рубежом. Исследования в этом направлении активно проводятся в арктических и дальневосточных морях [2, 3].

Цель работы: рассмотреть подходы к рациональному природопользованию в прибрежье Приморья на основе КУПЗ.

Предпосылки к природопользованию в Приморье на основе КУПЗ заключаются в следующем: выгодное географическое положение региона; наличие мало осваиваемого природно-ресурсного потенциала; существующий промысел ведется нерационально; наличие свободных трудовых ресурсов; накопленный научный потенциал. Первыми шагами, с которых необходимо начать управление прибрежными зонами должно быть: составление базы данных ресурсов региона; определение приоритетов развития, выделение конфликтных зон, где могут сталкиваться интересы разных пользователей.

На примере работы предприятий в прибрежье залива Владимира рассмотрены направления хозяйственной деятельности. Наиболее развиты в этом районе добыча водорослей и беспозвоночных, прибрежный промысел рыбы, марикультура (выращивание моллюсков). Есть предприятия по разделке судов и базы отдыха (рекреационная структура). При наличии удобных бухт, транспортно-портовая деятельность не ведется. Ближайший порт находится в заливе Ольги. Взаимодействие различных пользователей между собой, ведущих хозяйственную деятельность в районе, показано в таблице.

Таблица. Матрица взаимодействия различных пользователей на примере района залива Владимира

пользователь В	А						
	1	2	3	4	5	6	7
1. добыча ламинарии		+	0	0	—	0	0
2. добыча морского ежа	+		0	0	—	0	0
3. прибрежное рыболовство	0	0		+	0	0	—
4. марикультура	0	0	+		—	—	—
5. рекреация	—	—	0	—		—	0
6. разделка металла	0	0	0	—	—		0
7. судоходство	0	0	—	—	0	0	

Знак — означает, что деятельность пользователя В отрицательно сказывается на деятельности пользователя А. Знак + показывает, что деятельность пользователя В положительно сказывается на деятельности пользователя А. Знак 0 обозначает отсутствие какого-либо взаимовлияния пользователей друг на друга.

Составление подобных матриц, с внесением информации по конкретным предприятиям позволяет выявить очаги конфликтов между хозяйствующими субъектами. Например, в настоящее время рекреационная деятельность в заливе ведется неорганизованно, поэтому она вступает в конфликт с такими видами хозяйствования как марикультура, добыча водорослей и беспозвоночных (при увеличении «диких» отдыхающих усиливается браконьерство). Разделка металла ведется локально, отрицательное воздействие она оказывает на марикультуру и рекреацию, непосредственно на тех пользователей, которые находятся рядом с этим предприятием.

Прибрежье Приморья от мыса Поворотного до зал. Владимира район, где активно осваиваются природные ресурсы (рыба, беспозвоночные и морские водоросли). Здесь работает большое количество предприятий, поэтому необходима система ответственности за природопользование в этом районе, подобной той, что предложена для залива Петра Великого [4].

Важное значение имеет расстановка приоритетов природопользования. Исходя из географической специфики района, наличия природных ресурсов, развития инфраструктуры необходимо выделить те виды деятельности в прибрежье, которые будут главными. Выбор этой деятельности должен быть обусловлен и экономическими и природоохранными критериями.

В настоящее время, учитывая развитие прибрежной полосы и состояние ресурсов, приоритетными направлениями хозяйствования в Приморье должны быть: промысел водных биологических ресурсов и марикультура.

Литература

1. Бакланов, П.Я. Природопользование в прибрежной зоне: (Проблемы управления на Дальнем Востоке России) / П.Я. Бакланов, И.С. Арзамасцев, А. Н. Каур, М. Т. Романов, Н.Л. Плинка, Г.Г. Гогоберидзе, В.В. Жариков, Р.В. Вахненко, Г.И. Юрасов, А.С. Сварижевский, Ю.И. Мельниченко, А.П. Жук. Владивосток: Дальнаука, 2003. 251 с.
2. Комплексные исследования больших морских экосистем России / [отв.ред. Г.Г. Матишов]; Мурман. мор. биол. ин-т Кольского науч. центра РАН. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2011. 516 с.
3. Прибрежно-морское природопользование: теория, индикаторы, региональные особенности / Арзамасцев И.С., Бакланов П.Я., Говорушко С.М. и др. – Владивосток: Дальнаука, 2010. 308 с.
4. Арзамасцев И.С., Система ответственности за природопользование в прибрежных зонах на примере залива Петра Великого // Уссурийский залив: современное экологическое состояние, ресурсы и перспективы природопользования. Материалы международной научно-практической конференции / И.С. Арзамасцев – Владивосток: Издательство Дальневосточного университета, 2009. – С. 46-49.

КАРБОНАТНАЯ СИСТЕМА ОСАДКОВ БУХТЫ ВОЕВОДА И АМУРСКОГО ЗАЛИВА (О.РЕЧНОЙ) ЯПОНСКОЕ МОРЕ

Ю.А. Барабанщиков, П.Я. Тищенко

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, biw90@mail.ru

Высокая продукция и деструкция органического вещества (ОВ) прибрежных акваторий формирует не только "мертвые зоны", но также залежи лечебных грязей, месторождения которых имеются в нескольких мелководных бухтах залива Петра Великого. Формирование лечебных грязей представляет собой сложный диагенетический процесс превращения одних форм ОВ в другие, в том числе в неорганические формы углерода. Элементы карбонатной системы представляют собой общую характеристику неорганических форм углерода. Поэтому одним из индикаторов этих процессов является распределение параметров карбонатной системы по глубине осадков.

Карбонатная система морских осадков исследовалась с помощью двух параметров: измерение рН морского осадка при комнатной температуре в нетермостатируемых условиях с помощью ячейки безжидкостного соединения [1] и измерения щелочности поровой воды по методу Бруевича [2]. Ячейка для измерения рН калибровалась при разных температурах, что позволило сделать расчет карбонатной системы из результатов рН, полученных в нетермостатируемых условиях, и значений общей щелочности (ТА) [3]. Расчетными параметрами были: $pH_{in\ situ}$, парциальное давление углекислого газа (pCO_2) и растворенный неорганический углерод (DIC – Dissolved Inorganic Carbon).

В 2014 г. были проведены комплексные сезонные исследования донных осадков. Пробы донных осадков были отобраны в феврале, мае, июле, октябре на двух станциях: 1 ст. бухта Воевода (42°59.978' с.ш. 131°47.659' в.д.), 2 ст. Амурский залив (о. Речной) (43°16.232' с.ш. 131°49.261' в.д.). Отобранные керны осадков представляли собой восстановленные или темно-серого цвета с характерным запахом сероводорода (бухта Воевода). Осадок в трубках был разбит с интервалом в 10 см на 5-8 горизонтов в зависимости от длины взятого керна. Сразу после поднятия трубок были произведены измерения рН в осадках. После измерения рН, осадок каждого горизонта был отжат в прессе для получения поровой воды. В поровой воде измеряли следующие параметры: ТА, главные биогенные элементы

(фосфаты, силикаты, нитриты и аммоний), концентрацию ионов основного солевого состава (Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), гуминовые вещества (HS – Humic Substances), содержание органического углерода в твердой фазе осадка ($\text{C}_{\text{орг}}$) и в поровой воде (DOC – Dissolved Organic Carbon).

Для станций в б. Воевода и в Амурском заливе по глубине осадка в диапазоне 5 -30 см происходит резкое увеличение ТА, DIC, pCO_2 и уменьшение $\text{pH}_{\text{in situ}}$. Эти изменения являются более существенными для осадков б. Воевода. Значения ТА в придонной морской воде изменялись в диапазоне от 1.89 ммоль/кг (июль, Амурский залив) до 2.36 ммоль/кг (февраль, б. Воевода) для всех сезонов бухты Воевода и Амурского залива. Значения ТА в осадке резко увеличивается по глубине, как правило, щелочность поровой воды верхнего горизонта осадка была в два раза выше щелочности придонной воды. В нижнем слое осадка для бухты Воевода увеличение щелочности достигает 18 ммоль/кг (октябрь), а для Амурского залива 9 ммоль/кг (октябрь). Поведение DIC полностью повторяет распределение ТА для всех четырех сезонов бухты Воевода и Амурского залива. Распределение pCO_2 характеризуется наиболее резкими различиями между осадками бухты Воевода и Амурского залива и по сравнению с другими параметрами карбонатной системы. В Амурском заливе величина pCO_2 в верхнем слое осадка 5-30 см изменялась в пределах 1000-6000 мкатм, а в нижнем слое 30-80см достигала значений более 12000 мкатм. В бухте Воевода величина pCO_2 в верхнем слое осадка изменялись в пределах 7000-40000 мкатм, а в нижнем слое 12000-38000 мкатм для всех сезонов. Важно отметить, что аномально высокие величины pCO_2 , обнаруженные в осадке бухты Воеводы, соответствуют местам, где наблюдались аномалии других параметров карбонатной системы (наиболее низкие величины $\text{pH}_{\text{in situ}}$ и наиболее высокие значения DIC). Парциальное давление углекислого газа верхнего слоя осадка, как правило, в пять раз превосходило pCO_2 придонной воды для станции в Амурском заливе и в 10 раз, в случае станции, расположенной в б. Воевода. Резкие изменения в параметрах карбонатной системы между придонной водой и верхним слоем осадка можно рассматривать как проявление геохимического барьера, расположенного на границе раздела вода/осадок.

Главная причина изменений параметров карбонатной системы в осадках для обеих станций состоит в раннем диагенезе ОВ, который происходит в анаэробных условиях. Интенсивность этих процессов выше в б. Воевода, поскольку для этих осадков характерны чрезвычайно высокие концентрации ОВ, превышающие 5% от сухой массы осадка. В тоже время в осадках на станции, расположенной в Амурском заливе, концентрация ОВ не превышала 2 %. В докладе обсуждаются возможные пути раннего диагенеза ОВ, которые приводят к столь существенным изменениям в параметрах карбонатной системы.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ 16-35-00091 мол_а.

Литература

1. Тищенко П.Я., Вонг Чи Ши., Павлова Г.Ю., Джонсон В.К., Канг Д.-Дж, Ким К.-Р. Измерение рН морской воды с помощью ячейки безжидкостного соединения // Океанология. 2001. Т. 41. № 6. С. 849-859.
2. Павлова Г.Ю., Тищенко П.Я., Волкова Т.И. и др. Интеркалибрация метода Бруевича для определения общей щелочности в морской воде // Океанология. 2008. Т. 48. № 3. С. 477-483
3. Tishchenko P.Y., Kang D.-J., Chichkin R.V., Lazaryuk A.Yu., Wong C.S. , Johnson W.K. Application of potentiometric method using a cell without liquid junction to underway pH Measurements in surface seawater // Deep-Sea Res. I. 2011. V. 55. P. 778-786.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАРАЖЕННОСТИ ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ ЧЕРНОГО МОРЯ НАИБОЛЕЕ МАССОВЫМИ ПАРАЗИТАМИ В 2015 г

Е.С. Бортников

*Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства,
г. Ростов-на-Дону, Bortnikov_1991@bk.ru*

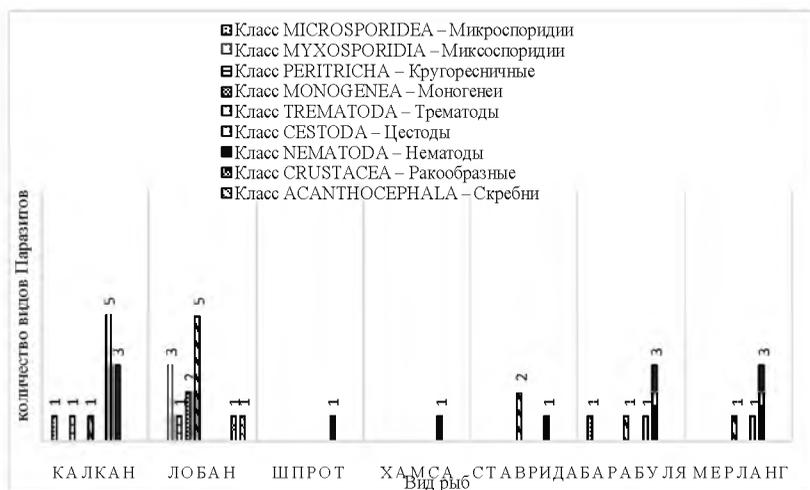
В 2015 г. проведен сбор и обработка паразитологического материала с целью получения количественных характеристик зараженности промысловых рыб Черного моря наиболее массовыми паразитами.

Материал был отобран в Керченско-Таманском и Кавказском районах в период учетно-траловой съемки по Черному морю и из уловов береговых промысловых бригад.

Методом полного паразитологического вскрытия [1, 2] исследованы промысловые рыбы 7 видов (лобан, шпрот, хамса, мерланг, барабуля, ставрида, калкан).

Получены данные по видовому составу паразитических организмов и количественные характеристики зараженности рыб, такие как экстенсивность инвазии (ЭИ, %), размах (ИИ, экз.) и индекс обилия (ИО, экз.).

В 2015 г. у черноморских промысловых рыб в общей сложности выявлено 29 видов паразитических организмов из 9 классов: Microsporidea, Myxosporidia, Peritricha, Monogenea, Trematoda, Cestoda, Nematoda, Crustacea и Acanthocephala. Наибольшее число представителей насчитывали классы трематод (8 видов), цестод (6 видов) и круглых червей (6 видов). Другие классы многоклеточных (моногенеи, скребни и ракообразные) характеризовались малочисленностью, включая 1–3 вида.



Количество видов паразитов из разных паразитических классов в зависимости от вида хозяина

Наибольшее количество видов паразитов зарегистрировано у калкана (11 видов из 5 классов) и лобана (13 видов из 5 классов). Барабуля, так же показала достаточно высокое разнообразие паразитов (6 видов из 4 классов), мерланг был заражен представителями трех паразитических классов, включающих 5 видов паразитов, ставрида – 3 вида из двух классов. Шпрот и хамса

были заражены 1 представителем класс нематод – *Hysterothylacium aduncum*, что вполне закономерно для данных двух видов рыб.

Таблица. Зараженность рыб массовыми видами паразитов

Вид рыбы	Вид паразита	Локализация	ЭИ	ИИ	ИО
Лобан	<i>Myxobolus episquamalis</i>	Поверхность тела	2.5-40	Не подлежит подсчету*	Не подлежит подсчету*
	<i>Neoechinorhynchus agilis</i>	Кишечник	100	1-268	33.4-63.4
Шпрот	<i>Hysterothylacium aduncum</i>	Полость тела	100	2-34	10.2
Хамса	<i>Hysterothylacium aduncum</i>	Полость тела	52-100	1-41	1.0-22.1
Мерланг	<i>Hysterothylacium aduncum</i>	Полость тела	80-100	1-34	1.7-12.9
Ставрида	<i>Hysterothylacium aduncum</i>	Полость тела	90.0	3-55	15.3
Калкан	<i>Bothriocephalus gregarius</i>	Кишечник	100	2-82	5.3-14.1
	<i>Stephanostomum bicornatum</i>	Жабры	62.5-100	1-2510	170.1-544.5
Примечания – * не подлежит подсчету из-за массовой зараженности					

Из числа массовых паразитов у представителей черноморской ихтиофауны выявлено 5 видов: у калкана – ленточный червь *Bothriocephalus gregarius* и трематода *Stephanostomum bicornatum* на стадии метацеркария, у лобана – миксоспоридия *Myxobolus episquamalis* и скребень *Neoechinorhynchus agilis*, у ставриды, хамсы, шпрота и мерланга – нематода *H. aduncum*. Доля рыб с массовым заражением указанными видами колебалась в обследованных выборках в диапазоне 2.5–100 %. Данные по зараженности рыб массовыми видами паразитов представлены в таблице. Инвазия барабули всеми выявленными видами паразитов не носила массового характера.

Зараженности калкана трематодой *S. bicornatum* в 2015 г. оказалась самой высокой за пятилетний период исследований. Массовая локализация паразитов регистрировалась преимущественно на жаберных дугах и в местах сочленения жабр.

Зарегистрирована вспышка миксоболеза лобана, возбудителем которого была миксоспоридия *M. episquamalis*,

которая, согласно проанализированной информации ранее в Черном море не регистрировалась.

Нематода *H. aduncum* может рассматриваться как возможный патоген для человека в связи с информацией об успешном заражении некоторых теплокровных животных личинками *Hysterothylacium* от камбалы, а также сообщениями о случаях «анизакиозиса» у людей, причиной которых предположительно был *H. aduncum* [3, 4].

Литература

1. Быховская – Павловская И.Е. Паразитологическое исследование рыб. – Л.: Наука, 1987. –Т. 3. – 583 с.
2. Лабораторный практикум по болезням рыб /Мусселлюс В.А., Ванатинский В.Х., Вихман А.Л. –М., 1984. – 296 с.
3. Гаевская А.В. Анизакидные нематоды и заболевания, вызываемые ими у животных и человека. – Севастополь, 2005. – 223 с.
4. Ishikura H. Epidemiological aspects of intestinal anisakiasis and its pathogenesis // Ishikura N. and Kikuchi K. (eds.). Intestinal anisakiasis in Japan: Infected fish, seroimmunological diagnosis, and prevention. – Springer-Verlag, Tokyo. – 1995.

ПРОМЫСЛОВЫЙ МОЛЛЮСК *MERCENARIA STIMPSONI* (*BIVALVIA, VENERIDAE*) В ВОДАХ ПРИМОРЬЯ (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Р.В. Власенко

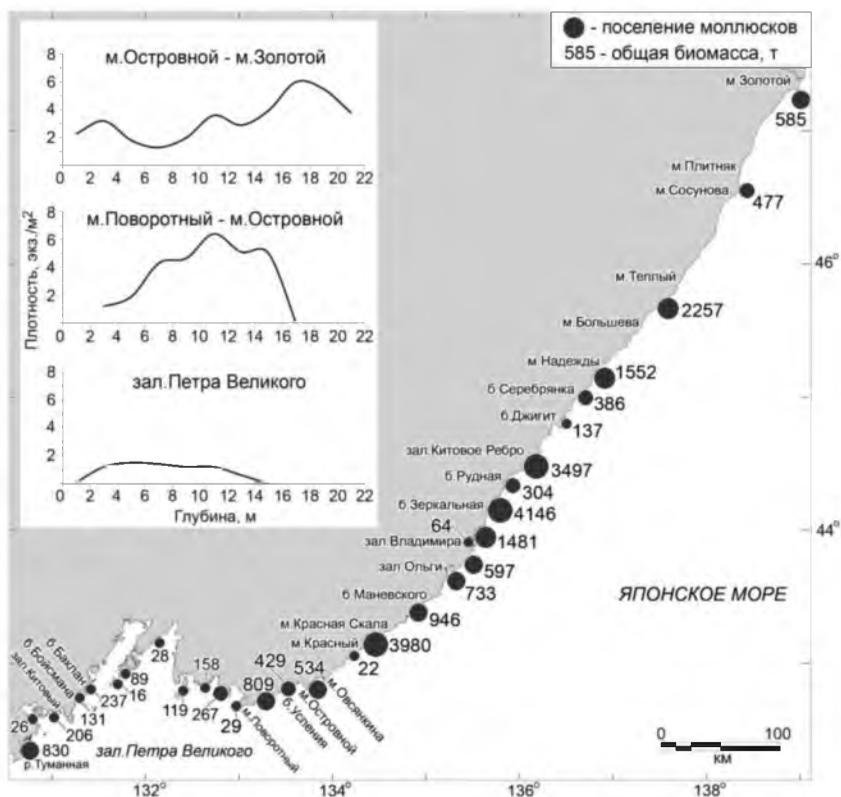
*Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
г. Владивосток, rv_vlasenko@mail.ru*

В последние десятилетия все больше внимания уделяется развитию прибрежного рыболовства, ориентированного не только на рыбные объекты, но и на донных беспозвоночных, которые являются полезными и деликатесными продуктами. С чем и связан интерес к промыслу двустворчатого моллюска *Mercenaria stimpsoni* (Gould, 1861).

В настоящей работе использованы данные водолазных съемок 2002–2015 гг. прибрежных акваторий Приморья до глубины 20 м (более 12 тыс. станций). Расчет общей биомассы моллюсков осуществляли в ГИС «MapInfo» методом диаграмм Вороного [1]. На акваториях к северо-востоку от зал. Петра Великого изучено состояние гонад на постоянных и временных гистологических

препаратах [3], рост – по меткам (задержкам роста), различных на продольном спиле раковины [2].

Мерценария обитает на песчаных и илисто-песчаных грунтах, предпочитая открытые прибойные участки и акватории, расположенные у мысов. В зал. Петра Великого береговая линия изрезана множеством островов и бухт. Здесь мерценария обитает на глубине 1,5-15 м (Рис.), средняя плотность поселений редко превышает 2 экз./м², а величина биомассы – 350 г/м². Вид формирует сообщества с долей не более 60% от общей биомассы.



Расположение основных поселений мерценарии у берегов Приморья и распределение их средней плотности по глубинам

Материковое побережье от м. Поворотный до м. Золотой более однородно, менее изрезано, открыто волновому воздействию и подвержено влиянию холодного Приморского течения. Здесь

мерценария образует значительные поселения, иногда со средней плотностью до 5,5-7,4 экз./м² и биомассой более 450 г/м² (максимальные значения до 40 экз./м² и до 2600 г/м²). На участке м. Поворотный – м. Островной моллюски обитают на глубине 2-16 м (Рис.), на акватории м. Островной – м. Золотой распространяются глубже до 20 м, а по данным А.И. Разина [4] и дражным исследованиям ТИПРО-центра – до 45 м. Моллюск формирует сообщества на обширных акваториях с доминированием более 70% по биомассе.

В зал. Петра Великого превалируют моллюски с длиной раковины (L) 70-90 мм, а на акваториях от м. Поворотный до м. Золотой с L=55-75 мм. Мерценария растет интенсивно в первые 5-6 лет жизни. Наибольшие приросты в эти годы отмечены у особей из зал. Петра Великого, вследствие чего они достигают больших размеров, чем в более прохладных водах к северо-востоку.

В зал. Петра Великого вид может нереститься в течение всего лета, массовый нерест наблюдается в июле при средней t воды 20°C [3]. Севернее нерест проходит с середины августа до середины сентября при самых высоких годовых значениях t воды – 16-18°C, массовый нерест наблюдается с третьей декады августа по первую декаду сентября включительно.

В поселениях от м. Поворотный до м. Золотой становление половозрелости у мерценарии происходит при L=40 мм (возраст 7-8 лет), при L=50-55 мм (возраст 10-11 лет) все особи уже половозрелые. Среди животных с L=40-44 мм преобладают самцы (1,26:0,74), в основной репродуктивной части популяции (L=45-74 мм) соотношение полов равное. У крупноразмерных с L≥75 мм преобладают самки (0,7:1,3). В целом среди взрослых особей в исследованных поселениях соотношение полов примерно равное (1,02:0,98).

Общая биомасса мерценарии у берегов Приморья оценена в 25 тыс. т (Рис.) на площади около 10 тыс. га. При этом, 92% биомассы и 85% занимаемой площади находятся на акваториях от м. Поворотный до м. Золотой. Промысел мерценарии у берегов Приморского края осуществляется с 2010 г. на акваториях к северо-востоку от м. Поворотный, где он наиболее эффективен. Ловят моллюсков специализированными драгами с гидроразрывом на глубине 10-20 м. Средний улов за одно получасовое драгирование около 100-200 кг. Ежегодная установленная квота в 600 т

осваивается на 32-69%. Моллюски экспортируются на рынки Азиатских стран в живом виде.

Литература

1 Борисовец Е.Э., Вдовин А.Н., Панченко В.В. Оценки запасов керчаков по данным учетных траловых съемок залива Петра Великого // Вопросы рыболовства, 2003. – Т. 4, № 1 (13). – С. 157–170.

2 Золотарев В.Н. Склерохронология морских двустворчатых моллюсков. Киев: Наукова думка, 1989. – 112 с.

3 Касьянов В.Л. Репродуктивная стратегия морских двустворчатых моллюсков и иглокожих – Л.: Наука, 1989. – 179 с.

4 Разин А.И. Морские промысловые моллюски южного Приморья: монография. – М. ОГИЗ; Хабаровск: ДАЛЬГИЗ, 1934. – 110 с.

ПЕСТИЦИДНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ЭКОСИСТЕМЫ АЗОВСКОГО МОРЯ В 2015 ГОДУ

**А.В. Войкина^{1,2}, Л.А. Бугаев¹, В.А. Валиуллин¹, Ю.Э.
Карпушина¹, О.В. Матюк²**

¹Азовский НИИ рыбного хозяйства, г. Ростов-на-Дону,

²Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону,

anna-voikina@yandex.ru

В последние годы возрос интерес к пестицидному загрязнению вод природных водоемов. Акцент при этом, прежде всего делается на изучение пестицидов новых поколений, которые используются в современных сельских хозяйствах. Мониторинговые исследования в бассейне Азовского моря выявили, что в воде в течение всего года обнаруживаются пестициды в тех или иных концентрациях [1, 3]. Анализ многолетних изменений уровня пестицидного загрязнения в воде прибрежных акваторий Азовского моря свидетельствует о многолетнем тренде снижения общей массы обнаруживаемых в воде пестицидов. При этом обнаруживаемые в воде концентрации пестицидов не превышали предельно допустимых показателей (ПДК) и не оказывали, таким образом, негативного влияния ни на один из уровней трофической цепи Азовского моря [2].

Целью исследования являлось определение содержания действующих веществ пестицидов в среде обитания гидробионтов Азовского моря в 2015 году. Изучалось содержание следующих

пестицидов: дифлуфеникан, имазалил, имазапир, имазетапир, имидаклоприд, ипродион, метрибузин, пенцикурон, фамоксадон, фенмедифам, флубендиамид, флумиоксазин, флуфенацет, хизалофоп-П-этил, ципросульфамид, этофумезат.

В соответствие с задачами исследования производился отбор проб воды и донных отложений в прибрежной зоне акватории Азовского моря во все сезоны наблюдения. Химический анализ предусматривал количественное определение содержания пестицидов в исследуемых пробах (вода, донные отложения) методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Анализ средних значений содержания пестицидов новых классов в воде Азовского моря, полученных в течение 2015 года показал, что картина загрязнения изменилась по сравнению с предыдущими годами. Так, в пробах во всех сезонах наблюдения отсутствовал дифлуфеникан. Во все сезоны наблюдения обнаруживались имазапир, имазетапир, имидаклоприд, хизалофоп-П-этил и ципросульфамид. Зимой наиболее часто встречались фамоксадон и ципросульфамид более 50% случаев. Массово в весенний сезон обнаруживались имазетапир, имидаклоприд, метрибузин и флуфенацет. Летом в пробах преобладали имидаклоприд и флумиоксазин, 70% и 80% соответственно. Ципросульфамид и фенмедифам массово встречались в осенний сезон, более 60% случаев. В целом же суммарная масса исследуемых пестицидов несколько увеличилась по сравнению с предыдущими годами. Можно так же отметить, что пик содержания индивидуальных пестицидов приходится на весенний и летний сезоны, после чего, как правило, следует спад по некоторым позициям довольно сильный. При этом превышения ПДК не было отмечено ни в одном случае.

Для оценки опасности комбинированного воздействия химических агентов, обладающих аддитивным эффектом, применяется формула А.Г. Аверьянова (Кустов и др., 1974):

$$C_{\text{общ}} = \sum \frac{C_i}{\text{ПДК}_i};$$

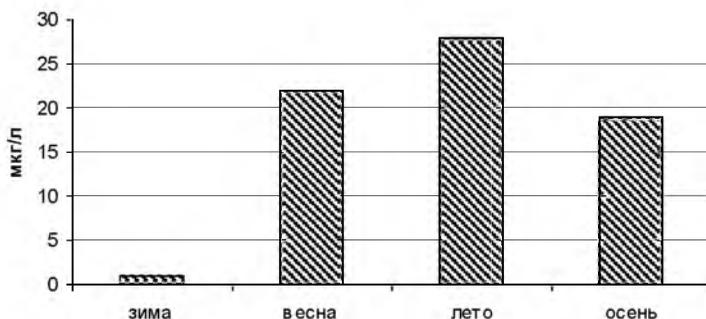
где: $C_{\text{общ}}$ — суммарная относительная токсичность образца, C_i — обнаруженная концентрация токсиканта, ПДК_i — значение ПДК для данного вещества. Среда считается не токсичной, если $C_{\text{общ}}$ будет меньше 1. Следует указать, что данный показатель

отражает степень негативного влияния комплексного загрязнения для всей водной экосистемы.

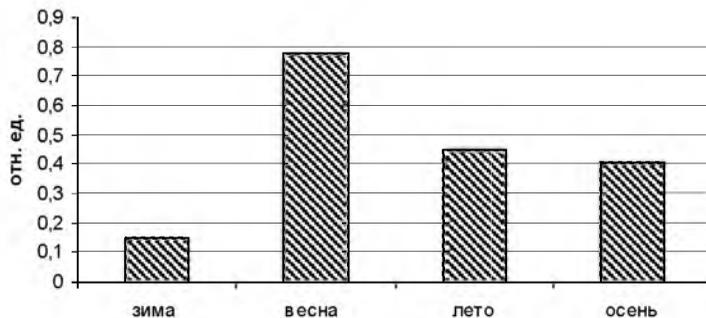
Расчёт суммы средних концентраций и суммарной токсичности представленный на рисунке показывает, что пик накопления исследуемых пестицидов в водной среде приходился на летний сезон, тогда как суммарная токсичность весной намного выше, чем в остальные сезоны года.

При этом основной вклад в концентрацию приносят имидаклоприд, имазетапир и имазапир, которые являются малотоксичными веществами, а основной вклад в токсичность вносят хизалофоп-П-этил (весной) и ципросульфамид (в течение всего года).

Суммарная концентрация исследуемых ДВ



Суммарная токсичность исследуемых ДВ



Суммарная концентрация и суммарная токсичность исследуемых действующих веществ пестицидов

Здесь необходимо отметить, что, несмотря на повышение содержания исследуемых пестицидов по сравнению с прошлым годом, значение суммарной токсичности всё-таки не превышает 1, что, согласно формуле Аверьянова позволяет считать среду нетоксичной.

Состав загрязнения действующими веществами пестицидов воды и донных отложений, отобранных в одних точках, совпадал не полностью. По сравнению с предыдущими годами уровень и качественный состав загрязнителей несколько изменился. Однако следует отметить, что пик загрязнения приходится, как и в предыдущие годы на летний и осенний сезоны. В 2015 году в пробах не были обнаружены дифлуфеникан, имазалил, пенцикурон, флубендиамид и флуфенацет. В зимний и весенний сезоны были обнаружены вещества четырех наименований, их содержание не превышало 50%. В летний сезон наиболее часто встречались метрибузин и этофумезат (67% и 70% соответственно). Летом преобладали в пробах имазапир (68%), метрибузин (75%) и хизалофоп-П-этил (80%). В целом содержание пестицидов в донных отложениях было заметно меньшим, чем в предыдущие годы.

Результаты исследований, проведенных в прибрежной зоне Азовского моря в течение 2015 года, свидетельствуют, что состояние среды обитания гидробионтов различных трофических уровней с позиции пестицидного загрязнения было удовлетворительным.

Литература

1. Бугаев Л.А., Войкина А.В., Валиуллин В.А., Карпушина Ю.Э. Пестицидное загрязнение воды прибрежной зоны Таганрогского и Ясенского заливов Азовского моря в 2009-2011 гг. // Науч. журн. КубГАУ. - Электрон. Ресурс. - 2012. - № 7 (81).
2. Бугаев Л.А., Зинчук О.А., Войкина А.В., Валиуллин В.А., Карпушина Ю.Э. Исследования пестицидного загрязнения воды прибрежной зоны Таганрогского и Ясенского заливов Азовского моря в 2009-2011 гг. // Вопр. рыболовства. - 2013. - Т. 14. - № 4. - С. 821-832.
3. Войкина А.В. Накопление пестицидов в компонентах экосистем Таганрогского и Ясенского заливов Азовского моря и их аддитивное воздействие на гидробионтов. Автореф. канд. дис. -Ростов н/Д, 2013. - 24 с.

РАЗЛИЧИЯ В ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОСАТКАМИ *ORCINUS ORCA* (LINNAEUS, 1758) МЕЖГРУППОВЫХ И ГРУПП-СПЕЦИФИЧНЫХ ТИПОВ ЗВУКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОЦИАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ АГРЕГАЦИИ

А.Ю. Данишевская, О.А. Филатова

*Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова,
биологический факультет, г. Москва, valo999@mail.ru*

Водная среда обитания накладывает свои ограничения на успешность коммуникации животных. Под водой морские млекопитающие с трудом могут разглядеть объекты, находящиеся в более чем 10 м от них, а звук в водной среде распространяется в пять раз быстрее, чем на суше [7]. Основной способ передачи информации в таких условиях – это использование акустического канала, который успешно освоен представителями отряда китообразных, в том числе и косатками.

Для косаток характерны групп-специфические репертуары стереотипных сигналов – вокальные диалекты, которые передаются путем социального обучения и остаются стабильными на протяжении десятилетий так же, как и охотничьи традиции [3]. Система групп-специфических вокальных диалектов характерна для норвежских и исландских косаток, для косаток Северо-Восточной Пацифики и для косаток Авачинского залива Камчатки [1, 4, 5, 6]. Социальная структура косаток устроена следующим образом: стабильные матрилинии (материнские группы) формируют семьи, а одна или несколько семей с общим диалектом составляют племя. Племена, для которых некоторое количество звуков является общим, объединяют в акустические кланы [4]. Некоторые звуки могут быть общими для нескольких родственных семей, а другие используются только одной семьей. Диалекты постепенно меняются, и степень сходства диалектов может служить показателем уровня родства между семьями.

Существует гипотеза [2], что стабильные вокальные диалекты косаток могут выполнять функцию предотвращения инбридинга, позволяя самке по репертуару дискретных криков выбрать в качестве полового партнера наименее родственного самца. Такие предпочтения должны создавать половой отбор на использование самцами уникальных групп-специфических типов звуков в ситуациях, когда возможно спаривание, то есть при встречах нескольких семей. Эти типы отсутствуют в репертуаре

самок других семей и будут восприниматься ими как отличающиеся от их собственного диалекта. Для проверки этой гипотезы мы исследовали использование двух межгрупповых и одного групп-специфического типов звуков резидентными косатками Авачинского залива Камчатки в зависимости от социального контекста и года записи. Функциональное значение дискретных типов звуков до сих пор вызывает множество вопросов. По мнению Форда [4], стереотипные звуковые сигналы помогают членам группы поддерживать связи друг с другом. Но сложно предположить, что большое разнообразие типов звуков в репертуарах групп косаток имеет единственную функцию - поддержание контакта между особями.

Материал, использованный для анализа, был собран в 2003-2011 годах в Авачинском заливе п-ова Камчатка. Мы анализировали звуки одного племени 0209, состоящего из четырех семей; считали количество межгрупповых (общих для всех племен) типов звуков K5 и K7 и уникального для племени 0209 звука K17. С помощью генерализованных линейных моделей мы исследовали зависимость числа звуков разных типов от объясняющих переменных: числа семей, племен, кланов в агрегации, года записи, присутствия разных семей из изучаемого племени. Было установлено, что количество издаваемых межгрупповых типов звуков снижается с увеличением числа семей в агрегации, что согласуется с выдвинутой гипотезой. Напротив, с данной гипотезой не согласуется тот факт, что число групп-специфических звуков снижается с увеличением числа семей в агрегации подобно числу межгрупповых. На основании обнаруженных закономерностей обсуждаются также другие факторы, влияющие на использование исследуемых типов звуков косатками при образовании агрегаций.

Чтобы отличать звуки близкородственных особей, нужно хорошо отличать звуки “своих” от звуков “чужаков”. Скорее всего, в больших популяциях косаткам сложно запомнить диалекты всех животных популяции, поэтому возникает потребность в таких маркерах, как групп-специфические звуки. В дальнейшем планируется продолжить подобные акустические исследования популяции косаток Авачинского залива и пролить свет на акустическую основу механизма спаривания косаток.

Работа проводилась в рамках Дальневосточного проекта по косатке (FEROP, Far East Russia Orca Project) при поддержке гранта РФФИ №15-04-05540.

Литература:

1. Филатова О. А. Акустический репертуар и вокальные диалекты косаток акватории восточной Камчатки и сопредельных территорий. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. МГУ им. М.В.Ломоносова, 2004 112 с.
2. Barrett-Lennard L.G. Population structure and mating patterns of killer whales (*Orcinus orca*) as revealed by DNA analysis. PhD thesis. University of British Columbia, Vancouver, 2000. 102 PP.
3. Barrett-Lennard L. Whalewatcher. "Killer Whale: The Top, Top Predator". Special Guest Editor, Robert L. Pitman, 2011. Vol. 40:1.P.51.
4. Ford J. K. B. Vocal traditions among resident killer whales, *Orcinus orca*, in coastal waters of British Columbia // Can. J. Zool, 1991. V. 69, 1454-1483.
5. Moore S.E., Francine J.K., Bowles A.E., Ford J.K.B. Analysis of calls of killer whales, *Orcinus orca*, from Iceland and Norway // Rit Fiskideildar, 1988. V.11. P. 225-250.
6. Strager H., Ugarte F. A comparison of killer whale calls from Norway, British Columbia and Iceland // ECS Proc., Lugano, 1995. P. 26-27.
7. Tyack P.L., Miller E.H. Vocal anatomy, acoustic communication and echolocation // Marine Mammal Biology: An Evolutionary Approach (Ed. A.R. Hoelzel). Blackwell Science, 2002. P. 142-184.

**ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКИХ
АКВАТОРИЙ В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ
МОРЕ) ПО СОДЕРЖАНИЮ МЕТАБОЛИТОВ
ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ
УГЛЕВОДОРОДОВ В ЖЕЛЧИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ
КРАСНОПЕРКИ *TRIBOLODON BRANDTII* DUBOWSKII, 1872
Е.В. Дзюбенко¹, А.А. Истомина², Н.Н. Бельчева²**

¹ФГБОУ ВПО "Дальрыбвтуз", г. Владивосток, dzyubenko1995@inbox.ru
²Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
г. Владивосток, s-istomina@mail.ru, belcheva@poi.dvo.ru

Необходимость экологического мониторинга за поступлением ПАУ в морскую среду требует использования экспресс-методов определения этих токсикантов в тканях гидробионтов. Метод, предложенный Лином и его коллегами (FF – Fixed-Wavelength Fluorescence – метод флуоресценции на фиксированных длинах волн) является более простым и дешевым методом определения уровня метаболитов ПАУ в желчи рыб, а

также позволяет анализировать большое количество образцов за короткое время [1].

Цель настоящей работы состояла в том, чтобы методом флуоресценции на фиксированных длинах волн провести сравнительную оценку загрязнения различных акваторий залива Петра Великого (Японское море) по содержанию метаболитов ПАУ в желчи дальневосточной красноперки *Tribolodon brandtii* Dybowski, 1872.

Рыбу отлавливали с использованием стандартных снастей для любительского лова в различных акваториях залива Петра Великого с мая по июль 2015 г. Станции №1 и №2 в бухте Золотой Рог: 44-й причал (n=11) и 30-й причал (n=10), соответственно. Акватории станций №3 – Моргородок (n=25), №4 – Чайка (n=20), №5 – Санаторная (n=4), №6 – Океанская (возле устья реки Богатая) (n=4), №7 – Садгород (n=4) – это прибрежные воды восточной части Амурского залива, а станция №8 – залив Восток (n=10) (n – число проб).

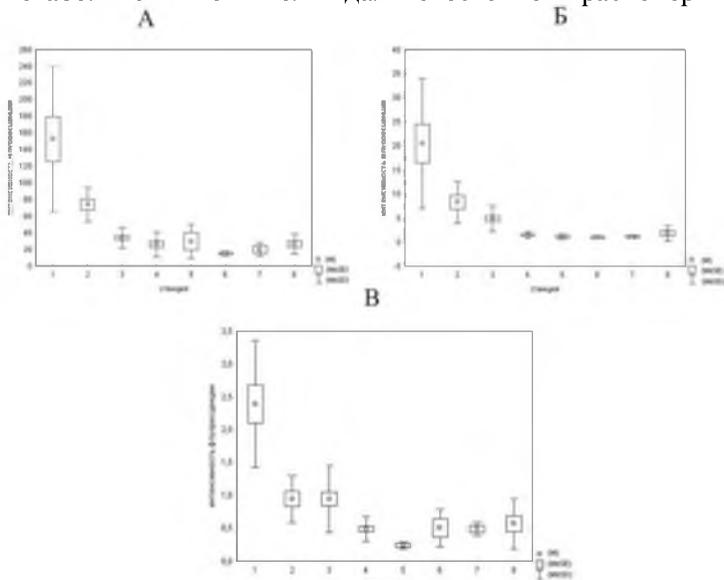
Данные представлены как среднее значение (M) интенсивности флуоресценции (эмиссии), среднее значение \pm стандартное отклонение (M \pm SD), среднее значение \pm стандартная ошибка среднего (M \pm SE). Для сравнения средних значений использовали t-критерий для независимых переменных (p<0.05) (STATISTICA 7).

Как показали результаты исследований, содержание трех типов метаболитов ПАУ было выше в желчи дальневосточной красноперки, обитающей в бухте Золотой Рог (рисунок А, Б, В). Следует отметить, что между собой станции из бухты Золотой Рог различаются по содержанию этих метаболитов, так в желчи рыбы со станции №1 содержание всех типов метаболитов ПАУ в 2 раза выше, по сравнению со станцией №2. Содержание метаболитов ПАУ в рыбе со станции №1 Золотого Рога было выше по сравнению со станциями из Амурского залива: для метаболитов ПАУ с 2-3 кольцами в 5-10 раз, для метаболитов ПАУ с 4 кольцами в 4-19 раз, для метаболитов ПАУ с 5-6 кольцами в 2-8 раз.

Среди станций Амурского залива можно выделить станцию №3 (Моргородок). Так, содержание метаболитов ПАУ с 4 кольцами в желчи рыбы с этой станции было достоверно выше по сравнению с другими станциями Амурского залива (№4-№7) (рисунок 2Б). Однако содержание метаболитов ПАУ с 2-3 кольцами было выше в 2,2 и 1,7 раза только по сравнению со станциями №6 и №7

(Океанская и Садгород) соответственно (рисунок 2А). Содержание метаболитов ПАУ с 5-6 кольцами в желчи рыбы со станции Моргородок не отличалось от станции №2 (30-й причал, Золотой Рог) и было достоверно выше в 4 раза, чем на станции №5 (Санаторная) (рис. 2В).

Содержание метаболитов ПАУ с 2-3 кольцами в желчи рыб со станции №8 (залив Восток) значимо не отличалось от всех станций Амурского залива (рисунок 2А), а для метаболитов ПАУ с 4 и 5-6 кольцами было достоверно ниже только по сравнению со станцией №3 (Моргородок) (рисунок 2Б, В). Согласно полученным данным эта станция не отличается от исследованных акваторий Амурского залива (станций №4-7) по содержанию всех метаболитов ПАУ в желчи дальневосточной красноперки.



Интенсивность флуоресценции (относительные единицы) метаболитов ПАУ: А – с 2-3 кольцами, Б – с 4 кольцами, В – с 5-6 кольцами в желчи дальневосточной красноперки из различных акваторий залива Петра Великого (1 – бухта Золотой Рог, 44 причал; 2 – бухта Золотой Рог, 30 причал; 3 – Моргородок; 4 – Чайка; 5 – Санаторная; 6 – Океанская; 7 – Садгород; 8 – залив Восток)

Таким образом, данные по содержанию метаболитов ПАУ отражают реально существующую картину загрязнения в исследованных акваториях. Используемый в данной работе метод позволяет быстро определить присутствие ПАУ в морских объектах, поэтому рационально

его применять в целях мониторинга за загрязнением морской среды полициклическими ароматическими углеводородами.

Литература

1. Lin E. L. C., Cormier S. M., Torsella J. A. fish biliary polycyclic aromatic hydrocarbon metabolites estimated by fixed-wavelength fluorescence: comparison with HPLC-fluorescent detection // *Ecotoxicology and Environmental safety*, 1996. V. 35. P. 16-23.

ХРОМАТИЧЕСКАЯ АДАПТАЦИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ЧЁРНОГО МОРЯ

Т.В. Ефимова, Т.Я. Чурилова, А.И. Акимов, Н.А. Моисеева

*Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского
РАН, г. Севастополь, tatvana-iefimova@vandex.ru*

Процессы световой адаптации микроводорослей изучаются уже в течение многих десятилетий, однако большинство исследований посвящено фотоадаптации микроводорослей к белому свету различной интенсивности [4]. Меньше внимания уделено адаптации водорослей к свету различного спектрального состава. Данные об изменении структурно-функциональных характеристик пигментного аппарата микроводорослей в ответ на изменение спектральных условий освещённости могут быть использованы для уточнения региональных алгоритмов оценки показателей продуктивности вод, а также для разработки экспресс-методов оценки первичной продукции на основании данных о пространственном распределении хлорофилла *a* (ХЛ *a*) и оптических свойств водной среды.

Обобщены результаты лабораторных исследований влияния спектрального состава света на структурные и функциональные характеристики микроводорослей классов Bacillariophyceae (*Phaeodactylum tricorutum*, *Pseudo-nitzschia delicatissima*, *Nitzschia* sp.) и Dynophyceae (*Prorocentrum nanum*), выделенных в альгологически чистые культуры из фитопланктона Чёрного моря. Исследованные виды микроводорослей адаптировались к свету различного спектрального состава (синий, зелёный, красный и белый) при уравнивании световых условий по количеству фактически поглощенных квантов света (фотосинтетически используемая радиация – ФИР). В результате экспериментов у

культур не отмечено «комплементарной хроматической адаптации» [1], представляющей собой увеличение относительного количества пигмента, полоса поглощения которого комплементарна спектральному составу падающего света. Показана зависимость внутриклеточной концентрации основного фотосинтетически активного пигмента ХЛ *a* (оценивали по величине весовых отношений органического углерода к ХЛ *a*) от количества фактически поглощенных квантов света (ФИР), не зависимо от спектрального состава падающего света.

На примере диатомовой культуры *Nitzschia* sp. показано, что качественный состав света не влияет на скорость световых (фотохимические реакции) и темновых (ферментная активность) реакций фотосинтеза, и на скорость роста клеток [2]. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что в природных условиях диатомовые водоросли при нахождении в нижних слоях эвфотической зоны (сине-зеленый свет) сохраняют хорошее функциональное состояние, и способны фотосинтезировать с высокой скоростью при попадании в результате перемешивания в поверхностный слой моря (практически «белый» свет).

У всех исследованных культур отмечена стабильность химического состава водорослей (весового отношения углерода к азоту) [2, 3], что позволяет сделать вывод о постоянстве направленности биосинтеза в клетках микроводорослей в условиях различного спектрального освещения.

Таким образом, лабораторные исследования на культурах одноклеточных водорослей, относящихся к классам *Bacillariophyceae* и *Dynophyceae*, не выявили особенностей в изменении структурно-функциональных характеристик клеток при адаптации к свету различного спектрального состава.

Однако в природных условиях фитопланктонное сообщество представлено разными видами водорослей, и поэтому адаптация к изменениям условий среды происходит не только на уровне клетки, но и на уровне сообщества.

Известно, что основная биомасса фитопланктона Черного моря представлена водорослями, относящимися к трем классам: *Bacillariophyceae*, *Dinophyceae*, *Prymnesiophyceae*. Для холодного периода года характерно однородное распределение фитопланктона в пределах верхнего квазиоднородного слоя (ВКС) [6] толщиной до ~35-60 метров, ограниченного снизу слоем основного пикноклина. В отличие от холодного периода, в теплый

период года сезонная стратификация вод делит зону существования фитопланктона на два квазиизолированных слоя, различающихся по условиям. Известно, что к нижней границе зоны фотосинтеза проникает сине-зеленый свет [7]. С увеличением глубины в пределах зоны фотосинтеза наблюдается преобладание в фитопланктонном сообществе цианобактерий, содержащих вспомогательный пигмент фикоэритрин (ФЭ) [5]. Полоса поглощения света данным пигментом соответствует волновому диапазону излучения, проникающему на глубину в Черном море (500 – 560 нм). Видоспецифичность цианобактерий в способности более эффективно поглощать сине-зеленый свет даёт им преимущество в скорости фотосинтеза и роста в определённых спектральных условиях по сравнению с другими представителями фитопланктона, что приводит к увеличению численности цианобактерий и их доминированию в фитопланктонном сообществе.

Таким образом, экспериментальным путём установлено, что культуры отдельных видов микроводорослей не проявляют способности к хроматической адаптации. Однако полевые исследования спектральных характеристик коэффициентов поглощения света фитопланктоном показывают увеличение концентрации ФЭ-содержащих цианобактерий в фитопланктонном сообществе «запертом» сезонной стратификацией вод в условиях сине-зеленого света. Доминирование цианобактерий в фитопланктонном сообществе, существующем в нижней части зоны фотосинтеза, является проявлением хроматической адаптации сообщества к световым условиям.

Литература

1. Ефимова Т. В. Влияние спектрального состава света на содержание пигментов в клетках микроводорослей // Морской экологический журнал, 2011, Отдельный выпуск, № 2. С. 22-28.
2. Ефимова Т. В., Акимов А.И. Влияние спектрального состава света на рост и фотосинтез диатомовой водоросли *Nitzschia* sp. // Экология моря, 2009, Вып. 77. С. 11–16.
3. Ефимова Т. В., Кожемяка А.Б. Фотобиологические характеристики диатомовых *Phaeodactylum tricornerutum* и *Pseudo-nitzschia delicatissima*, адаптированных к различным спектральным световым условиям // Экология моря, 2008, Вып. 75. С. 21–23.

4. Чурилова Т. Я. Адаптация морских планктонных водорослей к низким интенсивностям света: автореф. дисс. канд. биол. наук. Севастополь, 1992. 22 с.
5. Чурилова Т.Я., Джулай А.А., Суслин В.В., Кривенко О.В., Ефимова Т.В., Муханов В.С., Рылькова О.А., Манжос Л.А. Биооптические показатели вод глубоководной части Черного моря: параметризация поглощения света фитопланктоном в осенний и летний периоды // Сборник научных трудов Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа, 2014, Вып. 28. С. 320-333.
6. Чурилова Т. Я., Ефимова Т.В., Джулай А.А., Суслин В.В., Муханов В.С., Кривенко О.В. Биооптические характеристики вод Чёрного моря в зимний период // Тр. VIII международной конференции «Современные проблемы оптики естественных вод». Санкт-Петербург, 2015 г. С. 140-145.
7. Churilova T.Ya., Suslin V.V., Sosik H.M. A spectral model of underwater irradiance in the Black Sea // Physical Oceanography, 2009, Vol. 19(6). P. 366-378.

МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ (As, Cd, Pb, Fe, Zn, Mn) В ПРОМЫСЛОВЫХ КРЕВЕТКАХ *PANDALIS BOREALIS* И *PANDALIS HIPSINOTUS* ИЗ ПРИБРЕЖНОЙ ЧАСТИ РОССИЙСКОЙ ЗОНЫ ЯПОНСКОГО МОРЯ

И.С. Касьяненко

ФГБНУ «Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр» г. Владивосток, Irishka.k.89@mail.ru

Промысловые ракообразные - значительная часть добываемых человеком биоресурсов океана. Они используются в пищу и служат сырьем для изготовления биологически активных добавок. В зарубежной литературе имеются сведения о содержании токсичных элементов (As, Cd, Pb) в промысловых ракообразных. [3,4]. В российской литературе данные об уровнях As, Cd и Pb в креветках из Японского моря весьма малочисленны. Исследование микроэлементного состава промысловых ракообразных необходимы, поскольку эти придонные животные обитают в прибрежных акваториях, подверженных антропогенному воздействию и уровни содержания в них токсичных элементов могут изменяться [2].

Цель работы: оценка уровней содержания микроэлементов в мягких тканях промысловых креветок *Pandalis borealis* и *Pandalis hipsinotus* и сравнение концентраций токсичных элементов с предельно допустимыми уровнями (ПДУ).

Материалами исследования были мягкие ткани промысловых креветок, отобранных в южных и северо-западных прибрежных районах Японского моря. Навески мягких тканей подвергали минерализации с конц. азотной кислотой в соответствии с ГОСТ 26929-94 [1]. Определение элементов As, Cd, Pb, Cu, Fe, Zn проводили на атомно-абсорбционном спектрофотометре фирмы SHIMADZU модель «АА-6800» в пламенном и беспламенном вариантах метода. Диапазоны концентрации элементов представлены в таблице.

Таблица. Диапазоны концентрации элементов в мягких тканях промысловых креветок в мг/кг (n=12)

Вид	Место отбора	Год	As	Cd	Pb	Cu	Zn	Fe
<i>Pandalus borealis</i>	зал. Находка	2012	0,5-	0,01-	0,003-	1,6-	8,8-	2,6-
			<u>1,0</u>	<u>0,07</u>	<u>0,02</u>	<u>6,6</u>	<u>12,0</u>	<u>7,6</u>
			0,6	0,007	0,04	3,4	9,9	3,4
<i>Pandalus borealis</i>	Татарский пролив	2014	2,0-	0,03-	0,01-	6,4-	19,8-	4,3-
			<u>5,9</u>	<u>0,09</u>	<u>0,08</u>	<u>10,9</u>	<u>27,8</u>	<u>10,1</u>
			2,71	0,06	0,13	7,66	23,3	7,03
<i>Pandalus borealis</i>	Татарский пролив	2015	2,1-	0,004-	0,20-	1,5-	15,3-	5,8-
			<u>2,3</u>	<u>0,02</u>	<u>0,44</u>	<u>14,5</u>	<u>27,1</u>	<u>13,9</u>
			2,2	0,01	0,32	8,1	21,2	9,9
<i>Pandalus hipsinotus</i>	зал. Находка	2012	0,6-	0,01-	0,001-	1,6-	4,6-	1,1-
			<u>1,6</u>	<u>0,02</u>	<u>0,02</u>	<u>5,7</u>	<u>19,8</u>	<u>4,9</u>
			1,08	0,01	0,004	4,91	10,8	2,1
<i>Pandalus hipsinotus</i>	Татарский пролив	2014	2,6-	0,01-	0,05-	5,2-	21,0-	7,8-
			<u>13,0</u>	<u>0,10</u>	<u>0,14</u>	<u>16,8</u>	<u>28,9</u>	<u>12,4</u>
			7,8	0,06	0,01	7,8	24,7	7,46
<i>Pandalus hipsinotus</i>	Татарский пролив	2015	6,9-	0,003-	0,05-	4,0-	16,3-	10 -
			<u>12,5</u>	<u>0,006</u>	<u>0,15</u>	<u>13,8</u>	<u>26,1</u>	<u>29,1</u>
			9,7	0,004	0,1	8,9	21,2	19,55
ПДУ			5,0	2,0	10,0			

Уровень содержания токсичных элементов в морских организмах зависит от многих факторов: уровни концентраций в среде, особенности питания, физиологическое состояние организма.

Элементы As, Cu, Fe в большем количестве находились в мягких тканях креветки *Pandalus hipsinotus* из Татарского пролива. Уровни содержания Cd и Pb в обоих видах креветок из разных районов отбора практически не отличаются.

На основании полученных данных об уровнях содержания токсичных элементов в тканях ракообразных проведена оценка их качества в соответствии с СанПиН 2.3.2.1078-01. Допустимые уровни содержания токсичных элементов в тканях ракообразных в мкг/г сырой массы составляют: для Pb – 10; As – 5; Cd – 0,2.

Уровни содержания As в мягких тканях креветки *Pandalus hipsinotus* превышали ПДУ в 61% особей, в мягких тканях креветки *Pandalus borealis* в 5% особей. Содержание Pb и Cd в мышцах креветок не превышало ПДУ.

Литература

1. ГОСТ 26929-94// Сырье и продукты, пищевые// Подготовка проб. Минерализация для определения токсичных элементов. М., 1994. С -123.
2. Патин С.А. Антропогенное воздействие на морские экосистемы и биоресурсы: источники, последствия, проблемы // Труды ВНИРО. 2015. Т. 154. С. 85-105.3 ссылка во вступление
3. Harriet Perry, Wayne Isphording, Cristine Trigg, Ralf Riedel. Heavy metals in red crabs, *Chaneon quinquegens*, from the Gulf of Mexico, Marine pollution bulletin, volume 101, issue 2, p. 845-851. 2015, [электронный ресурс] – Режим доступа <http://www.sciencedirect.com>
4. Jonathan Borak, H. Dean Hosgood //Seafood arsenic: Implications for human risk assessment// //Regulatory toxicology and pharmacology// 47, p. 204-212// 2007 [электронный ресурс] – Режим доступа <http://www.sciencedirect.com>.

МАКРОЗООБЕНТОС ТЕМРЮКСКОГО ЗАЛИВА АЗОВСКОГО МОРЯ

Е.А. Ковалёв

Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, г.
Ростов-на-Дону, kovalev.dgek-jek@mail.ru

Темрюкский залив расположен на юго-востоке Азовского моря. В него впадает река Кубань, образуя дельту [2]. Залив ограничен мысами на западе Каменным и на востоке Ачужевским. Максимальная глубина залива составляет 11 метров. Донные грунты в зоне отбора проб в прибрежной зоне песчано-

ракушечные, ракушечные, в открытой центральной части залива илестые с примесью ракуши.

Пробы макрозообентоса отбирали весной, летом и осенью в 2015 году, дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0,1 м² на глубине 10-11 метров с судна, в центральной части залива, в прибрежной зоне с глубины до одного метра скребком. Пробы промывали на бентосном столе или в газовом мешке и обрабатывали в лаборатории по общепринятым методикам [3].

Состав зообентоса центрального района Темрюкского залива состоял из 6 групп: кишечнополостные – 1 вид, полихеты – 7 видов, олигохеты – 1 вид, моллюски брюхоногие 4 вида, двустворчатые – 4 вида и ракообразные – 3 вида – всего 20 видов. В узкоприбрежной зоне отмечено – 4 группы донных беспозвоночных: полихеты – 3 вида, моллюски брюхоногие – 1, двустворчатые – 2 вида, ракообразные – 12 видов – всего 18 видов.

В центральной части залива, во все сезоны, по биомассе доминировал двустворчатый моллюск-вселенец *Anadara kagoshimensis*. В прибрежной зоне преобладал бокоплав *Pontogammarus maeoticus*, однако, в июне на станции вблизи пос. Кучугуры доминировал равноногий рак *Eurydice racovitzae* и в августе у Соловьевского гирла усоногий рак *Balanus improvisus*, в октябре – бокоплав *Corophium sp.* Исходя из полученных данных, можно выделить, пять сообществ по Воробьеву В.П. [1]: *A. kagoshimensis*, *P. maeoticus*, *Corophium sp.*, *B. improvisus* и *Eurydice racovitzae*.

Таблица. Коэффициент общности видов, %

Сообщества	<i>A. kagoshimensis</i>	<i>P. maeoticus</i>	<i>E. racovitzae</i>	<i>B. improvisus</i>	<i>Corophium sp</i>
<i>A. kagoshimensis</i>	*	9	3	6	4
<i>P. maeoticus</i>	9	*	27	33	43
<i>E. racovitzae</i>	3	27	*	14	10
<i>B. improvisus</i>	6	33	14	*	50
<i>Corophium sp</i>	4	43	10	50	*

Численность макрозообентоса в центральной части залива колебалась в пределах от 36225 экз./м² в октябре до 108570 экз./м² в апреле, в среднем составляла 75172 экз./м². Биомасса колебалась от 211 г/м² весной до 625 г/м² осенью, составляя в среднем 382,2 г/м². Доминирующим по биомассе был моллюск *A. kagoshimensis* со средними показателями 1800 экз./м² и 307,4 г/м². На прибрежных станциях численность, как и биомасса, была ниже, чем в центральной части залива, что связано с низкой встречаемостью и биомассой моллюсков. Средняя численность бентосных организмов в прибрежной зоне колебалась от 1219 экз./м² до 2494 экз./м², составляя в среднем 1809 экз./м². Биомасса изменялась от 4,5 г/м² весной до 7,9 г/м² и в среднем составляла 5,6 г/м². Показатели *P. maeoticus* здесь составили 998 экз./м² и 2,5 г/м².

В центральной части Темрюкского залива, доля моллюска *A. kagoshimensis* в биомассе сообщества от весны к осени возрастала. Так, в апреле она составляла 41%, в августе - 88%, а в октябре повысилась до 96%. В размерной структуре популяции моллюска по количеству преобладали кормовые для рыб-бентофагов моллюски с длиной раковины до 14 мм, крупных моллюсков с размером раковины больше 14 мм было меньше. Максимальная массовая доля крупных *A. kagoshimensis* отмечена в апреле - 76%. Максимальная массовая доля доминирующего вида в сообществе бокоплава *P. maeoticus* наблюдалась в августе 88%, минимальная - в октябре 67%.

В исследуемом районе в узкоприбрежной зоне также выделены другие сообщества. *E. racovitzai* доминировал в июне на станции вблизи пос. Кучугуры его массовая доля составляла 78%, а численность была такой же, как и у *P. maeoticus*, поэтому *E. racovitzai* можно считать доминантом только по биомассе. Следует отметить, что *E. racovitzai* не встречался в другие сезоны. *B. improvisus* доминировал по массе в августе на станции вблизи Соловьевского гирла, его массовая доля в пробе составляла 42%. *B. improvisus* не встречался в июне, хотя отсутствие его в пробе не свидетельствует о его отсутствии в районе отбора проб. Он встречался как обрастатель камней и крупных раковин. Таким образом, сообщество *B. improvisus* можно выделить довольно условно, в связи, с относительно локальным распространением доминанта. Сообщество амфиподы *Corophium sp.* отмечено в августе вблизи Соловьевского гирла. В другие сезоны *Corophium sp.* являлся субдоминантом в сообществах *P. maeoticus* и *B.*

improvisus. Кроме приведенных выше сообществ, в Темрюкском заливе, возможно нахождение других. Так, в октябре на камнях нами была обнаружена полихета *Ficopomatus enigmaticus*. Помимо створок *A. kagoshimensis* в береговых выбросах в Темрюкском заливе в больших количествах встречаются крупные створки моллюска вселенца *Mya arenaria*.

Для сравнения сообществ и выявления их схожести по видовому составу был применён коэффициент общности [1]. Как и следовало ожидать, коэффициент общности показал, что сообщества, находящиеся в прибрежной зоне, довольно сильно отличались от сообщества *A. kagoshimensis*. Также выделяется сходство сообществ *Corophium sp* и *B. improvisus*.

Таким образом, видовой состав прибрежной зоны отличался от центральной части Темрюкского залива. Основными устойчивыми сообществами в Темрюкском заливе являлись сообщество бокоплава *P. maeoticus* в прибрежной зоне и сообщество двустворчатого моллюска *A. kagoshimensis* в «глубоководной» части. Сообщества *Corophium sp.* и *B. improvisus* могут являться одним сообществом сезонно сменяемым сообществом *P. maeoticus*.

Литература

1. Воробьёв В.П. Бентос азовского моря / В.П. Воробьёв // Труды Азово-Черноморского научно-исследовательского морского рыбного хозяйства и океанографии. – Симферополь: Крымиздат, 1949. Вып.13. С. 5–195.
2. География. Современная иллюстрированная энциклопедия Текст. – М.: Росмэн. Под редакцией проф. А. П. Горкина. 2006.
3. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. В.А. Абакумова / В. А. Абакумов, Н. П. Бубнова, Н. И. Холикова и др. Гидрометеоздат Ленинград, 1983. С. 240.

УСТАНОВКА И СЕЗОННЫЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ИСКУССТВЕННЫХ РИФОВ В Б. АЛЕКСЕЕВА О. ПОПОВА

А.А. Косьяненко, Д.В. Косьяненко, П.Ю. Сёмкин

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, kosvanpoi@inbox.ru

Установлено, что искусственные рифы (ИР) создают «оазис жизни», в относительно обедненных организмами эстуарной и

мелководной части морей. Происходит это, как за счет заселения морскими беспозвоночными во вновь созданные укрытия, так и вследствие быстрого формирования высокопродуктивного рифового сообщества, составляемых бентосными и нектонными видами, для которых ИР являются не только местом укрытия, но и местом воспроизводства [1]. Интерес к строительству прибрежных сооружений, именуемых искусственными рифами (ИР), в значительной степени обусловлен их полифункциональностью. ИР – это способы интенсификации процессов продуцирования, а так же могут использоваться в качестве устройств для экологической мелиорации акваторий и часто – как один из берегоукрепительных и портовых элементов [2].

В период с 2014 г. по 2015 г. в Тихоокеанском океанологическом институте им. В.И. Ильичева сотрудниками V отдела проведен эксперимент по постановке экспериментальных моделей искусственных рифов (ИР) в акваторию бухты Алексева (НИС «О. Попова», ТОИ ДВО РАН) с тем, чтобы изучить их влияние на морскую биоту; исследовать сукцессии в сообществе обрастаний, что в свою очередь может служить одним из способов экологического мониторинга и позволит получить данные о закономерностях развития импактных и нативных экосистем. По-разному привлекают рыб различные структуры ИР. Японские экспериментаторы считают, что вертикальные элементы привлекают рыб больше, чем скелетные элементы. Среди скелетных элементов лучше привлекают рыб приподнятые над дном горизонтальные и диагональные компоненты по сравнению с вертикальными [3].

Устройства, установленные сотрудниками ТОИ ДВО РАН, представляют собой экспериментальную модель проницаемого искусственного рифа (ИР). Экспериментальные модели ИР расположены на глубине 7 м. в кутовой части б. Алексева. Ориентированы в линию, направленную с запада на северо-восток. Выполнены в форме тетраэдра высотой 2м и размерами по основанию 1,5 м. Снаружи обтянуты делью ячеей 10 мм., не доходящая до основания 50 см. Всего было установлено 3 модели ИР.

Модель ИР №1 была установлена в августе 2014 г. На состояние 01.10.2015 имела экспозицию 14 месяцев.

Модель ИР №3 была установлена в октябре 2014 г. На состояние 01.10.2015 имела экспозицию 12 месяцев.

Модель ИР №4 отличается от остальных конструкций и представляет собой тетраэдр, состоящий из бетона, армированный стальной арматурой диаметром 10 мм. Конструкцию планируется оснастить съемными боковыми панелями, для удобства подсчета, обработки и фиксации организмов – обрастателей. Была установлена в конце октября 2015 г.

В 2015 году с помощью водолазного оборудования и комплекса приборов проводились периодические наблюдения за изменениями характера рельефа, грунта, формирования биоценозов. Исследовались сообщества обрастателей ИР №1 и ИР №3. Мониторинг состояния экспериментальных установок проводился с помощью видеокамеры в водонепроницаемом боксе 2 раза в месяц с июня по октябрь. Водолазным методом были изъятые фрагменты покрытия моделей. На берегу производили смыв фрагмента покрытия, анализировали содержимое смыва в лабораторных условиях под микроскопом МБС – 10 и фотографировали под стерео - микроскопом оснащенный камерой AxioCamIsc 3 моделью Stemi 2000-C.

В составе обрастаний были обнаружены несколько видов водорослей *Zostera marina* и *Sargassum miyabei*. Достаточно большое количество двустворчатых моллюсков (*Bivalvia*), осевших личинок гребешка японского (*Mizuhopecten yessoensis*) и мидии Грея (*Crenomytilus grayanus*), пелагические полихеты (вид *Alciopidae*), бокоплав (*Amphipoda*), большое количество коловраток (*Rotatoria*), брюхоногие моллюски (*Gastropoda*). Также обнаружены гидроидные полипы (*Gydrozoa*), большое количество кумовых раков (*Cumacea*), ракообразные (морская козочка *Caprellida*), инфузории сувойки (*Vorticella*) из семейства *Vorticellidae*, актинии (*Actiniaria*), зоантарии (*Zoantharia*) а так же годовалые экземпляры бугорчатой асцидии (*Halocynthia roretzi*). Также отмечено большое количество рыб семейства морских окуней. По наличию большого количества организмов обрастателей: от простейших до сложноорганизованных животных и рыб, можно говорить об установках, моделирующих искусственные рифы, которые могут быть использованы в качестве естественных биофильтров и как в качестве искусственных убежищ для некоторых видов рыб.

В настоящее время в гидробиологии концепция ИР в большей мере развивается на эмпирической основе, чем на базе научной теории. Для определения возможных направлений развития сообществ на ИР и последствий их воздействия на природную

экосистему необходимо проведение длительных стационарных наблюдений на опытно-промышленных ИР.

Литература

1. Искусственные рифы для рыбного хозяйства. Сборник научных трудов. – М.: ВНИРО, 1990. 3 с.
2. Особенности формирования паразитарных систем в условиях искусственного рифа. Сборник научных трудов. – М.: ВНИРО, 1990. 159 с.
3. Жуйков А.Ю. Исследование опыта строительства и эксплуатации искусственных рифов. Искусственные рифы для рыбного хозяйства. Сборник научных трудов. – М.: ВНИРО, 1990.-2

ЩЕТИНКОЧЕЛЮСТНЫЕ (CHAETOGNATHA) ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА ЗАЛИВА ВОСТОК

Д.В. Косьяненко, А.А. Косьяненко

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, darva@poi.dvo.ru

Тип Щетинкочелюстных (Chaetognatha, сагитта, морские стрелки) - небольшая, обособленная от других типов группа морских животных. Являются важным элементом в планктонных сообществах и входят в состав пищи многих видов рыб, выступают в роли индикаторов загрязнения морской воды.

Цель работы: исследование компонента планктонной фауны залива Восток-биоразнообразия щетинкочелюстных.

Общеизвестно, что залив Восток подвергается мощной антропогенной нагрузке, в связи с чем, в 1989г. был образован Государственный природный комплексный заказник «Залив Восток». Его основная цель – сохранение уникального животного и растительного мира зал. Восток. Сагитты – важный компонент в планктонных сообществах, выступают в роли биоиндикаторов течений в морях и океанах, а также являются надёжными показателями антропогенного загрязнения радионуклеидами [6].

Материал и методы

Пробы зоопланктона отбирали с НИС «Профессор Гагаринский» 20-22 ноября 2014 г. Отбор проводили на каждой станции, тотально (от дна до поверхности), с помощью планктонной сети с фильтрующим ситом с ячейей около 150 мкм. Фиксировали пробы 4 % раствором формалина и обрабатывали по

стандартной методике. На каждой станции отбирали по одной пробе. Всего было собранно 6 проб на 6 станциях.

В лаборатории пробу промывали в пресной воде, в чашке Петри отбирали щетинкочелюстных пинцетом с загнутыми концами, мелкие особи пипеткой. Хетогнат изучали и подсчитывали под микроскопом МБС-10 и фотографировали под стерео-микроскопом оснащенным камерой AxioCamIsc 3 моделью Stemi 2000-C. Вскрытие и окрашивание производилось по методу А.П. Касаткиной [3].

В заливе Восток обитает около 20 видов из семейства морских стрелок: *Leptosagitta uschakovi* Kassatkina, 1973, *L. acicula* Kassatkina et Panteleyeva, 2001, *L. collariata* Kassatkina, 1973, *L. nudata* Kassatkina, 1973, *L. eris* Kassatkina et Selivanova 2003, *L. exigua* Kassatkina et Sergeev, 2004, *L. ocis* Kassatkina et Sergeev, 2004, *L. pogodini* Kassatkina et Panteleyeva, 2001, *L. alba* Kassatkina et Selivanova 2003, *L. icis* Kassatkina et Sergeev, 2004, *L. kiyashkoi* Kassatkina, 2008, *L. latyshevi* Kassatkina, 2008, *L. magna* Kassatkina, 2008, *L. pauca* Kassatkina, 2008, *L. laxoradiata* Kassatkina et Selivanova 2010, *L. nitida* Kassatkina et Selivanova 2010, *Vitreosagitta vitrea* Kassatkina 2010, *Sagitta kussakini* Kassatkina, 1997, *Aidanosagitta acinacis* Kassatkina, 2007, *Mesosagitta minima* (Grassi, 1881).

Нами было отмечено три вида саггит: *Parasagitta elegans* (Verrill, 1873), *Leptosagitta collariata* Kassatkina, 1973, *L. nudata* Kassatkina, 1973.

Щетинкочелюстные (Chaetognatha) на исследованной акватории 20-21.11.2014 г. были представлены в основном умеренно-холодноводным видом *Parasagitta elegans* (Verrill, 1873), который был отмечен на всех станциях с плотностью от 10 экз./м³ до 127 экз./м³. Наибольшее количество особей *Parasagitta elegans* присутствовали на станции 13, а наименьшее количество наблюдалось на станции 8 и 10, отдельные виды *Leptosagitta collariata* - 3 экз и *L. nudata* - 1 экз. были найдены только на станции 13.

Большинство видов *Parasagitta elegans* отмечались на 1-й и 2-й стадии половой зрелости. На 3-й и 4-й стадии половой зрелости были отмечены только *L. collariata*. Экземпляры с морфологическими отклонениями не обнаружены [4].

Планктонная экосистема постоянно меняется в соответствии с ходом сезонной сукцессии и отражает присутствие различных

водных масс на акватории. По мере прогрева водной толщи (август—сентябрь) почти все холодноводные виды из планктона, замещаются тепловодными. В октябре, по мере охлаждения вод, вновь преобладают холодноводные океанические виды, и в ноябре планктон зал. Восток практически не отличается по составу от планктона северной части Японского моря. Кроме того, размножение видов происходит в зависимости от вспышки появления больших биомасс фитопланктона [2] и от сезона [5]. Чередование в размножении отмечено в работе Богорова, 1974г.

В исследуемом районе были обнаружены представители *Chaetognatha*. Доминирующим видом были *Parasagitta elegans*.

Приведено сравнение биоразнообразия залива Восток с общими списками щетинкочелюстных залива Петра Великого [5]. Данная информация вкупе с другими данными (гидрология, гидрохимия) необходима для оценки степени антропогенного пресса на качество морской среды в результате строительства нефтехимического завода. Планируемое строительство нефтеперерабатывающего завода в юго-восточной части залива может нанести невосполнимый вред его экосистеме.

Благодарю В.Б. Лобанова, А.Ф. Сергеева и всех коллег, принимавших участие в 64-ом рейсе на НИС «Профессор Гагаринский» 20-22 ноября 2014г., за собранный и предоставленный материал.

Литература:

1. Касаткина А.П. Состав рода *Leptosagitta* (*Chaetognatha*) с описанием четырёх новых видов из прибрежных вод Залива Петра Великого Японского моря// Журн. Биология моря. 2008. Т. 34. № 5. С. 346-350.
2. Жадан П.М., Ващенко М.А., Заславская Н.И. и т.д. Влияние гидрологических и гидрохимических параметров среды на воспроизводство морского ежа *Strongilocentrotus intermedius* в прибрежной зоне. Океанологические исследования ДВ морей и северо-западной части Тихого океана: Кн.1. ТОИ ДВО РАН. Владивосток: Дальнаука, 2013.
3. Kassatkina A.P. New species of the genus *Sagitta* sensu str. (*Chaetognatha*) from the Sea of Japan with the original methods of the colouring and dissection technique // *Zoosystematica Rossica*. 2008. Vol. 17. N 1. P. 3 – 6.
4. Касаткина А.П., Сергеев А.Ф., Морфологические отклонения у морских стрелок (*Chaetognatha*) в планктонной экосистеме бухты Чажма (Японское море) в зоне радиактивного загрязнения. Материалы конф. «V ДВ конф. по заповедному делу». Владивосток: Дальнаука. 2001. С. 253-255.

5. Касаткина А.П., Столярова М.В. Морфология, систематика, экология щетинкочелюстных Японского моря и сопредельных акваторий. Владивосток: Дальнаука. 2010. 200 с.
6. Столярова М.В., Касаткина А.П. Способ определения радиоактивного загрязнения акваторий на основе биоиндикации. Патент на изобретение № 2010127020/05(038496) от 12 августа 2011г.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ БУХТЫ ЗОЛОТОЙ РОГ (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Е.А. Краснослободцева¹, Л.П. Лазарева¹, Е.А. Тихомирова^{1,2}

¹*Дальневосточный Федеральный Университет, г. Владивосток,
redcurious@vandex.ru, lazarevalp@va.ru*

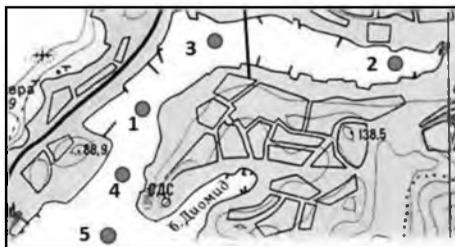
²*ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, tikhomirova@poi.dvo.ru*

Прибрежные воды Владивостока характеризуются высоким уровнем загрязнения как бытовыми, так и промышленными стоками. Особенно сильный антропогенный пресс испытывает бухта Золотой Рог, где сконцентрированы крупнейшие в регионе портовые хозяйства и различные промышленные предприятия, сбрасывающие загрязненные воды практически без очистки [4].

При исследовании состояния морских экосистем, помимо воды, большое значение приобретает анализ донных отложений. Как известно, некоторые загрязняющие вещества, попадая в морскую среду, растворяются в ней, а некоторые оседают на дно и аккумулируются на протяжении длительного периода времени [1].

Рассматриваемая акватория характеризуется широким комплексом химических элементов и большими их концентрациями [2]. Загрязнение нефтяными углеводородами (НУ) признано наиболее существенным [4]. По данным федеральной службы гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) процент покрытия поверхности акватории нефтяными пятнами почти повсеместно достигает 91-100% [3]. Также высоко содержание в воде и донных отложениях тяжелых металлов (ТМ). Их концентрации (Pb, Hg, Cu и др.) превышают фоновый уровень в 10 и более раз. К числу распространенных загрязняющих веществ относятся и хлорорганические пестициды (ХОП), которые продолжают повсеместно обнаруживаться в окружающей среде, включая бухту

Золотой Рог [4]. Для оценки экологического состояния бухты Золотой Рог кафедрой Безопасности в чрезвычайных ситуациях и защиты окружающей среды ДВФУ в ноябре 2015 г. был проведен отбор проб воды и донных отложений для определения содержания НУ, ТМ (свинец, ртуть, медь, железо) и ХОП. Схема распределения станций представлена на рисунке (см. рисунок). Отбор проб воды выполняли с поверхностного (1-1,5 м) и придонного (1,5-2 м от дна) горизонтов.



Точки отбора проб воды и грунта в бухте Золотой Рог

Анализ полученных по результатам отбора материалов показал (см. таблицу), что концентрация НУ в поверхностном слое вод исследуемой акватории изменялась в пределах от $0,049 \text{ мг/дм}^3$ до $0,218 \text{ мг/дм}^3$, что составило 1,0-4,4 ПДК. Придонные концентрации воды составили от 0,6 ПДК до 1,3 ПДК ($0,033 \text{ мг/дм}^3$ до $0,067 \text{ мг/дм}^3$). Превышение допустимого уровня концентрации (ДК) НУ, в соответствии с нормами экологической оценки загрязненности грунтов (Neue Niederlandische Liste) отмечается в 100% проб донных отложений. Наибольшее содержание НУ составило 202 ДК (10112 мкг/г).

Анализ содержания ТМ на основе нашего исследования показал следующие концентрации (см. таблицу): Cu от $0,0001 \text{ мг/дм}^3$ до $0,0012 \text{ мг/дм}^3$, Fe от $0,007 \text{ мг/дм}^3$ до $0,035 \text{ мг/дм}^3$, Hg от $0,0022 \text{ мкг/дм}^3$ до $0,079 \text{ мкг/дм}^3$, Pb от $0,0014 \text{ мг/дм}^3$ до $0,014 \text{ мг/дм}^3$. Наибольшее значение было отмечено по свинцу и составило 1,4 ПДК ($0,014 \text{ мг/дм}^3$). В донных отложениях наибольшие концентрации имели медь 7,49 ДК (262,2 мкг/г) и ртуть 6 ДК (1,81 мкг/г). При анализе результатов проб в бухте Золотой Рог были обнаружены ХОП. Распределение их на поверхности и у дна показал, что значения менялись в широких пределах (от 0 до $0,007 \text{ мкг/дм}^3$). В донных отложениях

концентрации поллютантов изменялись в диапазоне от 5,857 до 22,523 мкг/кг сухого вещества (см. таблицу).

Таблица. Содержание загрязняющих веществ в бухте
Золотой рог

Загрязняющие вещества	№ точек отбора				
	1	2	3	4	5
НУ, мг/дм ³ *	0,056/0,045	0,061/0,056	0,218/0,067	0,081/0,040 1	0,049/0,03 3
НУ Донные отложения, мкг/кг	10112	5074	9334	5513	1556
Pb, мг/дм ³ *	0,0015/0,0017 17	0,0017/0,0018 18	0,0017/0,002 2	0,0018/0,0014 14	0,0014/0,002 02
Hg, мкг/дм ³ *	0,002/0,021	0,005/0,009	0,013/0,014	0,027/0,79	0,031/0,03 9
Cu, мг/дм ³ *	0,0012/0,001 1	0,001/0,0003 3	0,0001/0,0002 02	0,0003/0,0001 01	0,001/0,0001 1
Fe, мг/дм ³ *	0,017/0,011	0,035/0,025	0,024/0,012	0,008/0,01	0,007/0,01
Pb, Донные отложения, мкг/кг	284,46	119,54	194,42	248,01	143,62
Hg, Донные отложения, мкг/кг	1,33	0,89	1,81	1,04	0,38
Cu, Донные отложения, мкг/кг	262,20	139,65	150,48	251,37	116,28
Fe, Донные отложения, мкг/кг	57464	55528	58669	60717	54883
ХОП, мкг/дм ³ *	0,005/0,004	0,007/0,004	0,0 /0,003	0,004/0,001 1	0,0
ХОП Донные отложения, мкг/кг	11,731	5,857	22,523	14,896	14,7

(* Примечание: в числителе поверхностный горизонт, в знаменателе – придонный)

Литература

1. Блиновская Я.Ю., Монинец С.Ю., Монинец Д.С. Современная оценка загрязнения акватории бухты Золотой Рог (Японское море) нефтеуглеводородами // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2010. № 7. С. 4 – 8.

2. Ермолицкая М.З. Исследование состояния донных отложений бухты Золотой Рог // Экология и безопасность жизнедеятельности, 2013. № 1. С. 86 – 91.
3. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2013. / Под ред. А.Н. Коршенко. М.: Наука, 2014. 200 с.
4. Современное экологическое состояние залива Петра Великого Японского моря / отв. ред. Н.К. Христофорова. Владивосток: Издательский дом Дальневост. федерал. ун-та, 2012. 440 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПАУ ВОД ЗАЛИВА ПОСЬЕТА (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Ю.В. Кудряшова, Т.Л. Чиждова

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, koudryashova@poi.dvo.ru

В связи с нарастающей антропогенной деятельностью происходит увеличение потока загрязняющих химических соединений, поступающих в окружающую среду. К таким веществам, содержание которых за последние десятилетия возросло в сотни, а то и в тысячи раз, относятся полициклические ароматические углеводороды (ПАУ, полиарены). Образование ПАУ происходит, главным образом, при высокотемпературных процессах горения (пирогенные ПАУ), а также эти соединения входят в состав сырой нефти и угля (петрогенные ПАУ).

Происхождение, пути поступления и поведение ПАУ в окружающей среде стали объектом обширных исследований из-за канцерогенных и/или мутагенных свойств некоторых их изомеров (например, бенз(а)пирена). Ряд стран включил от одного до шестнадцати соединений ПАУ в списки веществ, приоритетных для постоянного мониторинга. В настоящее время распространение и биогеохимические циклы ПАУ активно изучаются для прибрежных акваторий морей Европы, Южной и Северной Америки и Юго-Восточной Азии. Целью данной работы было определить сезонные закономерности поступления полиаренов в воды зал. Посьета, а также исследовать вертикальное распределение ПАУ в водной толще.

Результаты исследования сезонной изменчивости содержания ПАУ показали, что максимальное загрязнение полиаренами вод зал. Посьета было весной (28,61 нг/л), а минимальное - летом (8 нг/л (содержание в растворе)). При этом наибольшее удельное

содержание ПАУ на взвеси (211,09 нг/г) обнаружилось осенью, что говорит о свежем поступлении этих соединений. Полученные композиционные профили из 13 ПАУ также различались в зависимости от времени года: зимой и весной преобладали ПАУ с 3-мя кольцами (за счет аценафтена и флуорена), осенью концентрации ПАУ с 4-мя кольцами превысили 3-кольчатые соединения в 1,5 раза.

Анализ маркерных соотношений ПАУ на взвеси выявил, что происхождение полиаренов в водах зал. Посъета зимой и весной было от сжигания, как нефтепродуктов, так угля и древесины, а осенью источником ПАУ в основном явилось горение угля и древесины.

При изучении вертикального распределения ПАУ были найдены сезонные различия в содержании ПАУ на взвеси. В зимний период доля высокомолекулярных ПАУ была выше в образцах поверхностной воды, в то время как весной повышенное содержание ПАУ с 5 и 6 кольцами было обнаружено в образцах придонной воды.

Полученные данные говорят о том, что основная нагрузка загрязнения полиаренами зал. Посъета связана с наступлением отопительного сезона. Помимо этого зимой в период ледостава идет накопление ПАУ во льду и снеге, с таянием которых происходит увеличенное поступление ПАУ в воды залива.

КОМЕТНЫЙ АНАЛИЗ – УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МЕТОД МОРСКИХ ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

С.П. Кукла

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, cthulhu-htan@mail.ru

Уровень антропогенного загрязнения прибрежных и океанических вод по-прежнему вызывает тревогу мировой общественности. Нефтеуглеводороды, тяжёлые металлы, поверхностно активные вещества, легко-окисляемое органическое вещество, твёрдые частицы (в том числе нано-размера) — далеко не весь перечень приносимых поверхностным стоком, в результате антропогенной деятельности, загрязняющих веществ.

Воздействие оказываемое этим загрязнением, на разном уровне организации живой материи проявляется по разному: от изменения полового и возрастного состава на популяционном уровне, физиологические изменения и нарушение поведения на уровне отдельного организма, до изменения в гомеостазе клетки на уровне одиночной клетки уровне. Причем чем ниже уровень – тем более чувствителен он к внешнему воздействию. В связи с этим представляется целесообразным применение подходов, основанных ее анализе отдельных ключевых биохимических параметров (молекулярных биомаркеров), отражающих общее изменение физиологического состояния организма в ответ на воздействие неблагоприятных факторов. А оценка опасности развития отдаленных эффектов может быть более эффективной, если основывается на данных о генотоксичности поллютантов [2]. Учитывая исключительную роль генома в функционировании биологических систем, выявление повреждений в структуре молекулы ДНК следует отнести к наиболее важным проявлениям токсичности. В последние годы было разработано много методов, позволяющих регистрировать повреждения ДНК, а также исследовать процессы репарации. Наибольший интерес представляют показатели, характеризующие уровень повреждения ДНК, который выявляется в настоящее время с помощью метода ДНК-комет.

Кометный анализ может быть применен к любой ткани, *in vivo* при условии, что могут быть получены одиночная клетка и ядро. Таким образом, кометный анализ имеет потенциальное преимущество перед другими методами *in vivo* генотоксических тестов, которые надежно применимы только к быстро размножающимся клеткам или только к одному конкретному типу ткани [3]. Это является преимуществом еще потому, что позволяет изучить генотоксическое влияние на различные типы клеток, что очень важно ввиду того, что разные типы тканей и клеток по-разному подвержены генотоксическому воздействию и имеют разную интенсивность процессов репарации.

Наиболее широко применяемый вариант этого метода был разработан в 1989 году Сайном и состоит из выделения одиночных клеток организма, заключения их в агарозный гель, лизис и электрофорез в сильно щелочных ($pH > 13$) условиях [4]. В результате чего повреждённые участки ДНК мигрируют к аноду, формируя «хвост», похожий на хвост кометы, от чего метод

получил своё тривиальное название. По величине и интенсивности хвоста можно судить о степени повреждения ДНК.

Используя этот метод сотрудниками лаборатории Морской экотоксикологии за последние пять лет провели ряд исследований в том числе и полевых, связанных как с воздействием отдельных токсикантов (тяжёлые металлы, наночастицы, нефтеуглеводороды) на морские организмы разных систематических групп, так и с экологическим мониторингом и биотестированием морской среды, подвергшейся разной антропогенной нагрузке. В результате этих исследований получены данные о генотоксическом эффекте исследуемых поллютантов, а так же достоверное различие целостности ДНК у моллюсков, обитающих в акваториях с разной антропогенной нагрузкой [1].

Разнообразие используемых тест-объектов, их различных тканей, а так же тестирование совершенно разных воздействий в ходе этих исследований позволяют говорить о методе ДНК-комет как о простом универсальном методе экотоксикологических исследований.

Литература

1. Слободскова В.В., Кукла С.П., Челомин В.П. Анализ качества морской среды на основе определения генотоксичности ДНК клеток жабр приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* (jay, 1856)//Биология моря. 2015. No 6. С 457 – 460.
2. Depledge M.H. The ecotoxicological significance of genotoxicity in marine invertebrates // *Mutat. Res.* 1998. Vol. 399. P. 109-122.
3. Hartmann A., Agurell E., Beevers C., Brendler-Schwaab S., Burlinson B., Clay P., Collins A., Smith A., Speit G., Thybaud V., Tice R.R. Recommendations for conducting the in vivo alkaline Comet assay // *Mutagenesis.* 2003. Vol.18. No.1. Pp.45–51.
4. Tice R. R., Agurell E., Anderson D., Burlinson B., Hartmann A., Kobayashi H., Miyamae Y., Rojas E., Ryu J.C., Sasaki Y. F. Single Cell Gel/Comet Assay: Guidelines for In Vitro and In Vivo Genetic Toxicology Testing// *Environmental and Molecular Mutagenesis.* 2000. Vol 35. Pp 206-221.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ ВИДА *ONCORHYNCHUS KETA* (WALB.)

НА ПРИМЕРЕ СЕЗОННЫХ РАС О. САХАЛИН

А.Е. Лапшина¹, Л.А. Животовский², О.В. Зеленников³

¹ФГБУ "Сахалинрыбвод", г. Южно-Сахалинск, cherevatava@gmail.com

²Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН,
г. Москва, levazh@gmail.com

³Санкт-Петербургский государственный университет,
г. Санкт-Петербург, oleg_zelennikov@rambler.ru

Хорошо известно, что кета *Oncorhynchus keta* (Walb.) является весьма пластичным видом рыб, характеризующимся самым протяженным ареалом среди всех тихоокеанских лососей. Производители кеты заходят для нереста в реки от бассейнов морей Северного ледовитого океана до рек Калифорнии и южных японских островов, успешно осваивая различные экологические ниши вдоль обоих побережий Тихого океана [7].

На Сахалине кета представлена двумя сезонными расами - летней и осенней [3, 7]. При этом летняя кета, в отличие от широко распространенной на острове осенней, заходит на нерест лишь в одну реку острова - Поронай [1, 4, 2]. Таким образом, в Поронае ежегодно осуществляется нерест обеих форм сахалинской кеты. Условия, при которых протекает эмбрионально-личиночное развитие, у летней и осенней кеты принципиально различны, что связано с предпочтением данными формами нерестилищ разного типа.

Летняя кета откладывает икру в воды подруслового потока, хорошо прогретые летом, однако в зимний период охлаждающиеся почти до нулевой температуры. Ее нерест приходится на конец июля - август, иногда длится до начала сентября. Оплодотворенная икра, оказываясь в условиях высоких летних температур, начинает стремительно развиваться, однако с наступлением холодного времени года ее развитие все более замедляется и в зимние месяцы почти полностью приостанавливается.

Осенняя кета нерестится в местах выхода на поверхность теплых грунтовых вод, температура которых мало подвержена колебаниям в течение года. Ее нерест происходит в сентябре-октябре, и развитие эмбрионов интенсивно осуществляется в течение всей зимы. В итоге весенний выход личинок из нерестовых бугров у летней и осенней кеты происходит практически одновременно, и дальнейшее развитие осуществляется сходными

темпами, что до настоящего времени не дает возможности исследователям визуально различать их.

Уровень приспособленности кеты обеих рас к развитию на нерестилищах определенного типа был успешно продемонстрирован экспериментом, проведенным нами в 2012-2013 гг. Икра, личинки и молодь летней и осенней кеты в течение одного рыбоводного цикла (от момента закладки на инкубацию летом и осенью до июня следующего года) содержались на трех лососевых рыбоводных заводах (ЛРЗ) с различными термическими режимами:

1) на тепловодном Охотском ЛРЗ при температуре от 6 до 8°C;

2) на занимающем промежуточное положение Побединском ЛРЗ - температура воды от 4°C к зиме опускалась до 1,5 и затем, по мере потепления, плавно поднималась до 7,5°C;

3) на холодноводном Анивском ЛРЗ - в период с декабря по апрель температура составляла около 0,5°C, но к июню поднялась до 14°C.

Было показано, что при каждом из имевшихся температурных режимов темп роста молоди кеты двух рас, а также темп развития различных отделов пищеварительного тракта был сходным. Однако темп развития яичников у молоди летней кеты был существенно выше в условиях низких температур в период выдерживания (с ноября до апреля-мая), тогда как у осенней кеты - напротив, при более высоких температурах, что соответствует естественным для них условиям развития на нерестилищах.

Исследование изменчивости микросателлитных маркеров летней и осенней поронайской кеты выявило генетические различия между ними [5, 6], что является как следствием, так и показателем их длительной экологической разобщенности.

Существование сезонных рас кеты являет собой пример успешной приспособленности данного вида к широкому диапазону абиотических условий на нерестилищах. Благодаря этому возможно более полное использование нерестовых площадей, а различия в сроках захода в реку и непосредственно нереста препятствует массовому скрещиванию представителей обеих рас, что способствует сохранению их генетических различий и поддержанию биоразнообразия лососевых рыб.

Литература

1. Воловик С.П., Ландышевская А.Е. Некоторые вопросы биологии осенней кеты Сахалина // Изв. ТИНРО. Т. 65. 1968. С. 108-118.
2. Гриценко О.Ф., Ковтун А.А., Косткин В.К. Экология и воспроизводство кеты и горбуши. М.: Агропромиздат, 1987. 166 с.
3. Иванков В.Н. Внутривидовая дифференциация сахалинской кеты (*Oncorhynchus keta* Walb.) // Рефераты научных работ института биологии моря. Вып. I, 1967-1968. Владивосток: 1969. С. 68-71.
4. Иванков В.Н. Особенности экологии и структура популяций осенней кеты различных районов Сахалина // Фауна и рыбохозяйственное значение прибрежных вод северо-западной части Тихого океана: Учен. зап. ДВГУ. Владивосток, 1972. Вып. 60. С. 27–35.
5. Лапшина А.Е., Самарский В.Г., Животовский Л.А. Летняя кета Сахалина: происхождение, биологические особенности и перспективы использования // Ученые записки СахГУ. Вып. XI/XII. Южно-Сахалинск, 2015. С.77-81.
6. Лапшина А.Е., Самарский В.Г., Животовский Л.А. Морфологические и генетические различия между летней и осенней расами кеты (*Oncorhynchus keta*) о. Сахалин // IV съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров (ВОГиС) и ассоциированные генетические симпозиумы. Ростов-на-Дону, 2014. С. 192.
7. Смирнов А.И. Биология, размножение и развитие тихоокеанских лососей // М.: Изд-во МГУ, 1975. 336 с.

МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЗАЛИВА УГЛОВОЙ

В.И. Петухов¹, Е.А. Тихомирова^{1,2}, О.В. Лосев¹

¹Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток,
petukhov@mail.ru, ranealarik@mail.ru

²ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, tikhomirova@poi.dvo.ru

Залив Угловой расположен в кутовой части Амурского залива. Его воды омывают северо-восточное побережье г. Владивостока и в течение многих лет подвергаются загрязнению коммунально-бытовыми сточными водами [3], а также стоком рек, дренирующих промышленно освоенный водосбор. В период с 2009 по 2012 гг. в заливе Угловой (на границе с Амурским заливом) проводилось строительство низководного моста «Де-Фриз - Седанка». Как известно, подобные работы сопровождаются, помимо привнесения новых загрязняющих веществ, перераспределением уже накопленных. Кроме того, строительство гидротехнических сооружений предполагает возведение

технологических насыпей и дамб, которые, в определённых случаях, могут являться источником загрязнения.

Проблема загрязнения залива Угловой поднималась еще 60 лет назад [1], когда лечебные грязи использовались в санаториях города. Залив Угловой рассматривался как источник ценного ресурса, используемого для лечения заболеваний опорно-двигательного аппарата. Однако с течением времени данная акватория утратила эту ценность. В настоящее время в заливе отмечается проблема загрязнения нефтепродуктами (НУ) [5] и тяжёлыми металлами (ТМ) [2]. Ежегодный мониторинг содержания ТМ (Fe, Cr, Mn, Cu, Co, Ni, Cd, Pb, Zn, As, Hg) и НУ в заливе Инженерной школой ДВФУ проводится с 2010 г. Отбор проб осуществлялся в первых числах февраля. Пробы отбирали из подо льда с поверхностного и придонного горизонтов. Анализ проб морской воды выполнен в экоаналитической лаборатории - Межведомственный центр аналитического контроля состояния окружающей среды (ЦИП МЦАК ИШ ДВФУ). Лабораторные химико-аналитические исследования выполнялись методом атомно-абсорбционной спектроскопии и атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой.

Для суммарной оценки загрязнённости морской воды залива Угловой был рассчитан интегральный показатель содержания тяжелых металлов (Z). Расчет (Z) проводили в соответствии с методикой, установленной для комбинаторного индекса загрязнённости воды (для 4 приоритетных показателей) [4]:

$$Z = \sum K_i / 4,$$

где K_i – кратность превышения ПДК.

В период строительства моста в залив Угловой было привнесено значительное количество ТМ, что зафиксировано в результате отбора проб. По данным 2010-2012 гг. значения Z изменялись в пределах 0,52-1,73. После завершения строительных работ (2013-2014 гг.) значения показателя Z уменьшились. Исключение составляет станция 2 (2013 г., $Z=2,61$), где выявлено высокое содержание Fe (0,44 мг/л).

Данные отбора проб в 2015-2016 гг. в районе низководного моста демонстрируют увеличение содержания поллютантов на всех станциях. Общая загрязнённость возросла за счёт содержания Cu, Hg, НП, Cr, Ni, Pb. Так, для станций, расположенных в районе опор моста, в последние два года отмечаются высокие концентрации Cu (1,8-2,88 ПДК), НП (0,9-3,7 ПДК), Hg (0,95-0,78 ПДК), что может

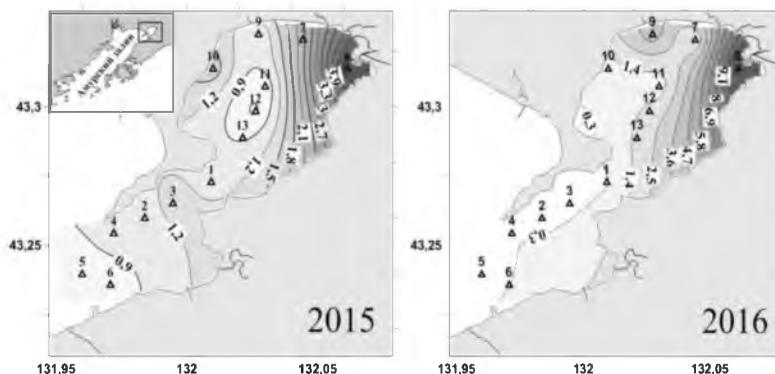
быть следствием взмучивания осадков, размыва технологического грунта и динамики вод.

Таблица. Значения индекса (Z) в различные годы для станций в районе низководного моста

№ ст.	2013	2014	2015	2016
1	0,12	0,25	1,06/0,68	0,32/0,37
2	2,61	0,58	0,99/0,56	0,34/ 0,50
3	0,67	0,37	1,41/0,81	0,25/0,31
4	0,31	0,33	1,11/0,71	0,65/0,40
5	0,22	0,22	0,70/0,59	0,24/ 1,15
6	–	0,36	0,80/ 0,77	0,56/0,29

Примечание: в числителе – поверхностный горизонт, в знаменателе – придонный горизонт.

Анализ данных, полученных в период 2015-2016 гг., позволил выделить несколько неблагоприятных районов с повышенным содержанием ТМ (Fe 2,14–13,64 ПДК, Mn 12,10–34,60 ПДК, Pb 2,58-2,70 ПДК, Cu 2,16-4,28 ПДК). В целом наибольшее загрязнение обнаружено в основной части залива, где впадают реки Аэродромная (станция 7) и Песчанка (станция 8), а также у западного побережья исследуемой акватории в районе поселка Зима Южная (станции 9 и 10) (см. рис.). В 2016 г. к списку загрязнённых акваторий добавилась станция 13, которая характеризуется повышенным содержанием Fe – 5,10 ПДК, Pb – 2,58 ПДК, Ni – 4,98 ПДК, Zn – 0,74 ПДК; Hg - 0,99 ПДК; Cr (5,8 мкг/л).



Пространственное распределение индекса (Z) на поверхности залива Угловой

Литература

1. Акимов В.В. К организации охраны залежей лечебных грязей на дне залива Угловой // Охрана природы на Дальнем Востоке. 1964. Вып. 2. С. 181-187.
2. Ващенко М.А., Жадан П.М., Альмяшова Т.Н., Ковалёва А.Л., Слинко Е.Н. Оценка уровня загрязнения донных осадков Амурского залива (Японское море) и их потенциальной токсичности // Биология моря. 2010. Т. 36, №5. С. 354-361.
3. Лосева Я.П., Гриванова С.М. Очистка сточных вод г. Владивостока // Современные проблемы науки и образования. 2014. №6. С. 1685.
4. РД 52.24.643-2002 Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязнения поверхностных вод по гидрохимическим показателям. С. 50.
5. Черняев А.П. Распределение нефтяных углеводородов в воде и донных отложениях Амурского залива (Японское море) // Известия ТИНРО. 2005. Т. 140. С 240-244.

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧЁРНОГО ПАЛТУСА *REINCHARDTIUS HIPPOGLOSSOIDES MATSUURAE* В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕРИНГОВА МОРЯ ЛЕТОМ 2015 Г.

О.А. Мазникова

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, г. Москва, olvatinro@vandex.ru

Успешное решение задачи рационального использования ресурсов конкретного вида напрямую зависит от степени его изученности. Поэтому продолжение непрерывного мониторинга состояния водных биоресурсов в настоящее время остается важнейшей задачей рыбохозяйственной науки.

С периодичностью 2-3 года ФГБНУ «ТИНРО-Центром» в Западно-Беринговоморской и Чукотской рыбопромысловых зонах проводятся донные траловые съемки для оценки состояния запасов ценных промысловых объектов таких как треска, палтусы, а также видов прилова. Донная съёмка на НИС «ТИНРО» была выполнена с 22 июня по 8 августа 2015 г. Траления выполнялись донным тралом ДТ/ТВ 27.1/24.4. Всего за период было выполнено 233 донных траления. Обследованная площадь составила 164,56 тыс. км². Расчет площадей, численности и биомассы вида производился

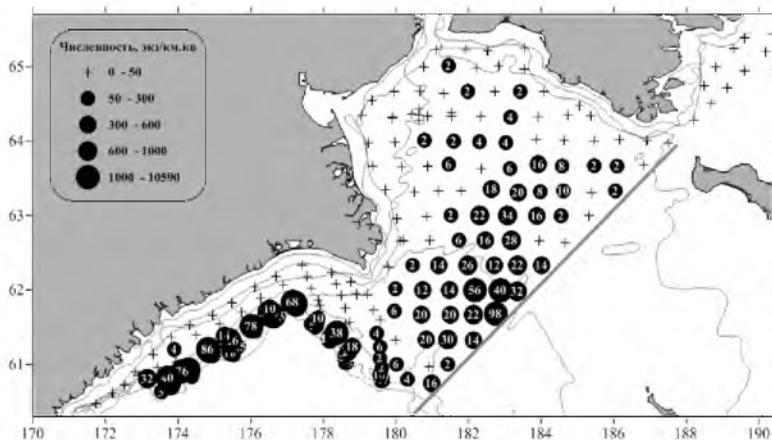
методом сплайн-аппроксимации с применением программы "КартМастер v.4.1"(ВНИРО, Москва 2003–2008; Поляков А.В., Новочеркасск, 2003–2008) с использованием индивидуального коэффициента уловистости ($KU=0,4$). Карта распределения построена посредством программного пакета Surfer 12 (Golden Software Inc., 2002). Анализ данных проведён с использованием пакетов программ Microsoft Excel (Microsoft Corporation, 2013).

Известно, что тихоокеанскому чёрному палтусу (*Reinhardtius hippoglossoides matsuurae*) свойственна чёткая дифференциация по глубине неполовозрелых и зрелых рыб. На шельфе, как правило, зимой и летом обитает только молодь, причем зачастую при отрицательных температурах или в районах, где остаточное зимнее охлаждение наиболее сильно развито (50–150 м). В нижних отделах шельфа и на свале всегда преобладают зрелые особи, В целом в тёплый период года наблюдается смещение палтусов на меньшие глубины, но на минимальные изобаты (20–100 м) мигрирует только молодь, взрослые особи обитают всегда глубже 200 м. Мелководные Анадырский залив и отчасти Чукотская зона являются районами нагула молоди, а рыбы старших возрастов в летний период распределяются на больших глубинах вдоль материкового склона Олюторско–Наваринского района. В Беринговом море черный палтус имеет промысловое значение на свале глубин у азиатского побережья между мысами Наварин и Олюторский и в юго-западной части моря в Олюторском заливе.

В Олюторско-Наваринском районе чёрный палтус, представленный разноразмерными особями, встречался вдоль всей верхней части материкового склона, с постепенным нарастанием средней плотности скоплений к глубинам 300–500 м. В этом батиметрическом диапазоне на глубине 341 м отмечены максимальные по плотности скопления ($10,5 \text{ т/км}^2$ или $16,44 \text{ тыс. экз/км}^2$).

В Анадырском заливе чёрный палтус, представленный особями от 20 до 79 см, встречался на глубинах свыше 50 м преимущественно в центральной и южной его частях. Распределение палтуса в пределах Анадырского залива характеризовалось равномерным увеличением средней плотности скоплений к глубинам более 100 м. Максимальные скопления черного палтуса были локализованы на глубине 116 м ($2,37 \text{ т/км}^2$ или $2,6 \text{ тыс. экз/км}^2$). В Чукотской зоне чёрный палтус встречен

(54-56 экз/км²) только в юго-западном секторе на глубинах 73-78 м в уловах трех тралений. Пространственное распределение особей черного палтуса длиной более 20 см представлено на рисунке.



Пространственное распределение уловов (экз/час) и численности (экз/км²) чёрного палтуса (*Reinhardtius hippoglossoides matsuurae*) (*AC* более 20 см) в северо-западной части Берингова моря 22.06-08.08. 2015. Цифры — улов, экз/час. Нанесены границы 12-мильной зоны и разделительная линия морских пространств Россия-США.

Распределение молоди палтуса (*AC* до 20 см) на акватории Анадырского залива было неравномерным. Основные скопления формировались в северо-западной, южной частях Анадырского залива и к северу от разделительной линии Россия-США. Батиметрический диапазон составил от 22 до 116 м, с максимальной плотностью скоплений на глубине 87 м (19,5 кг/км² или 814 экз/км²). Единичная поимка молоди палтуса была в Олюторско-Наваринском районе отмечена на глубине 76 м. В южной части Чукотской рыбопромысловой зоны молодь чёрного палтуса встречалась в диапазоне глубин от 39 до 76 м (ср. – 581 экз/км² или 4,45 кг/км²), постепенное увеличение плотности происходило с увеличением глубины лова. Две поимки отмечены на траверсе залива Мечигменский. Размеры чёрного палтуса в Западно-Беринговоморской зоне варьировали от 6 до 94 см (*AC* ср. – 48,1 см). Основу численности (56%) составляли особи длиной от 46 до 60 см. Большая часть проанализированных особей (80,8%) имела незрелые гонады на II и II-II стадиях зрелости. У 14,5% палтуса половые продукты были на стадии зрелости VI-II. В

Олюторско-Наваринском районе было отловлено три самца ($AC - 66,3-88,0$ см) на VI стадии зрелости и один самец ($AC - 76,7$ см) с половыми продуктами на V стадии. Соотношение самок и самцов составило 0,79:1.

Литература

1. Дьяков Ю. П. 2011. Камбалообразные (Pleuronectiformes) дальневосточных морей России (пространственная организация фауны, сезоны и продолжительность нереста, популяционная структура вида, динамика популяций). Петропавловск-Камчатский:Изд-во КамчатНИРО. 433 с.
2. Пальм С. А., Чикилев В. Г., Датский А. В. 1999. Биология, промысел и распределение чёрного палтуса *Reinhardtius hippoglossoides* в Анадырско-Наваринском районе Берингова моря // Известия ТИНРО. Т..126. Ч.1. С..252–261.
3. Токранов А. М., Орлов А. М., Шейко Б. А. 2005. Промысловые рыбы материкового склона прикамчатских вод. Петропавловск-Камчатский: Камчат-пресс. 52 с.

БЕСПОКОЙСТВО ОБЫКНОВЕННЫХ ТЮЛЕНЕЙ (PHOCIDAE GRAY, 1821) ЛЮДЬМИ НА ЛЕТНЕМ ЛЕЖБИЩЕ ЗАЛИВА ПИЛЬТУН (О. САХАЛИН) В НЕЛЕДОВЫЙ ПЕРИОД 2014 г.

П.А. Пермяков, А.М. Трухин

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, ampermax@mail.ru

В течение последнего десятилетия значительно вырос интерес к исследованию морской териофауны на северо-восточном побережье о. Сахалин. В большой мере это связано с промышленным освоением присахалинского шельфа, за счет наращивания добычи углеводородного сырья и строительства береговой инфраструктуры, ориентированной на нефтедобычу. Исследования, проведённые в разное время в других районах (в том числе, приуроченные к печально известному разливу нефти при крушении "Еххон Valdez") показали, что любое взаимодействие морских млекопитающих с нефтедобывающей индустрией, как правило, имеет негативный характер, а зачастую даже оказывается губительными для млекопитающих. Наибольшую угрозу при этом несёт прямой контакт животных с нефтепродуктами в следствие разливов (аварий) на нефтепроводах. Однако не меньшую опасность может представлять

опосредованное антропогенное воздействие от нефтедобычи, такое как рост беспокойства, причиняемого млекопитающим от логистических, изыскательских или промышленных операций. Подобное воздействие хотя и имеет сравнительно менее острую форму, всё же может играть значительную роль из-за регулярности возникновения. Поскольку на данный момент аварийных ситуаций в присахалинской акватории удаётся избежать, исследования, связанные с местной териофауной, рассматривают только вторую, "подострую", группу факторов. В настоящий момент основные усилия исследователей сосредоточены на сообществе морских млекопитающих залива Пильтун. В приустьевом районе залива в летний период нагульная группировка серых китов сосуществует с тремя видами обыкновенных тюленей (ларга (*Phoca largha*), акиба (*Pusa hispida*) и лахтак (*Erignathus barbatus*)), образующими на берегу уникальное поливидовое лежбище [1; 2]. До сих пор, основные усилия были сосредоточены на местной группировке китов; наблюдения за ластоногими имели сопутствующий характер. Однако, с 2014 года в заливе Пильтун нами были проведены самостоятельные исследования тюленей. Целью нашей работы было оценить потенциальное воздействие каждого типа раздражителей антропогенного происхождения на лежбищное сообщество тюленей.

Исследование было проведено с 3 июля по 30 октября, 2014 г. Наблюдения за лежбищем вели с маяка (высота около 30 м), расположенного на удалении 1-1.5 км от лежбища. Наблюдения выполняли с использованием оптических приборов: полевых биноклей 8X или 10X кратного увеличения и подзорной трубы Nikon 20-60X кратного увеличения, неподвижно закрепленной на штативе. При необходимости производили фотосъемку (использовали камеру Nikon D610 с объективом Tamron 150x600). Большая дистанция от маяка до животных позволяла полностью исключить фактор воздействия наблюдателей на животных, делая исследование совершенно неинтрузивным. Регистрировали весь транспорт, кроме морского.

Основными средствами перемещаться людей в районе лежбища были авиационный (вертолёты), водный (лодки и маломерные суда) и автомобильный (легковой и грузовой) транспорт. Регулярно регистрировали пешеходов. Считали, что залежка отреагировала на антропогенное воздействие, если в результате эпизода в воду сходила хотя бы часть тюленей.

Констатировано 567 случаев появления людей (транспорта) в районе лежбища. Из них наибольшее число пришлось на моторные лодки (n=207) и легковой автотранспорт (n=159). Реже регистрировали вертолёты (n=68) и грузовой автотранспорт (n=59). Еще реже - пешеходов (n=20) и маломерные суда (n=27).

Потенциал воздействия каждой категории антропогенного раздражителя на тюленей оценивали как биномиальное ожидание беспокойства залежки (представлен в виде 95% доверительного интервала Уилсона [3; 4]). Наибольшее воздействие на тюленей оказывали пешеходы ($X[\text{число случаев беспокойства}]=7$; $CI=0.17-0.57$), маломерные суда ($X=9$; $CI=0.18-0.52$) и лодки ($X=64$; $CI=0.25-0.38$). Более слабое влияние оказывали легковой ($X=34$; $CI=0.16-0.28$) и грузовой ($X=11$; $CI=0.10-0.31$) автотранспорт. Наименьшее беспокойство вызывали вертолёты ($X=4$; $CI=0.02-0.15$).

При перемещении пешком или на лодках люди могли умышленно причинять тюленям беспокойство (хулиганство), что было не характерно для других категорий транспорта. Кроме того, несколько тюленей было добыто местными охотниками. Маломерные суда часто пережидали неблагоприятные погодные условия в устье залива, в непосредственной близости от территории лежбища на виду у его обитателей. Этими факторами объясняется высокое беспокойство тюленей пешеходами и водным транспортом.

Таким образом, в 2014 году антропогенное воздействие на тюленей в районе устья залива Пильтун было значительным. Наиболее остро тюлени реагировали в ответ на появление пешеходов или маломерного водного транспорта.

Авторы признательны М. Свиндоллу, В. Ефремову, Е. Вяткиной, Ю. Мазуренко, Г. Думенко, О. Сорокиной и В. Сорокину за административную и логистическую поддержку исследований. Мы благодарны Д. Рожно за содействие при выполнении работ на маяке. Мы благодарны О. Сыченко, В. Вертянкину, С. Фомину и местным рыбакам за всю предоставленную ими информацию. Исследования проведены при финансовой поддержке Exxon Neftegas Limited.

Литература

1. Крюкова Н.В., Иванов Д.И. Морские млекопитающие в прибрежных водах северо-восточной части острова Сахалин (2004-2007 гг.) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и Северо-Западной части Тихого океана. 2009. №. 15. С. 103-109.

2. Трухин А.М., Блохин С.А. Особенности функционирования поливидового лежбища настоящих тюленей (Phocidae) в районедобычи углеводородного сырья на шельфе острова Сахалин // Экология. 2003. №. 4. С. 316-322.
3. Agresti A., Caffo B. Simple and Effective Confidence Intervals for Proportions and Differences of Proportions Result from Adding Two Successes and Two Failures // The American Statistician. 2000. V. 54. №. 4. P. 280-288.
4. Zar J.H. Biostatistical analysis, 5th ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2010. 944 p.

КРАТКАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАССОВЫХ ВИДОВ РЫБ СУБТРОПИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА В 2015 Г

С.С. Пономарев

ФГБНУ «ТИНРО-Центр», г. Владивосток, ponomarev@tinro.ru

В период с 1 июня по 1 июля 2015 года на НИС «Профессор Кагановский», нами была выполнена съемка в тихоокеанских водах Курильских островов и открытых водах северо-западной части Тихого океана.

За время съемки было выполнено 75 тралений, в которых было встречено 9 видов рыб относящихся к субтропическому комплексу. Из них наиболее массовыми оказались 3 вида: скумбрия (*Scomber japonicus*), японский морской лещ (*Brama japonica*) сардина-иваси (*Sardinops melanostictus*). Остальные 6 видов были представлены 1 – 3 особями: тунец большеглазый (*Thunnus obesus*), восточный лоцман (*Naucrates ductor*), коричневый ицихт (*Icichthys lockingtoni*), гипероглиф японский (*Hyperogliphe japonica*), рыба луна (*Mola mola*), сайра тихоокеанская (*Cololabis saira*).

Сардина-иваси - массовая пелагическая рыба, обитает в водах при температуре от 15 до 25°C. Распространена в юго-восточной части Японского моря, в Желтом море у западного побережья п-ова Корея. С тихоокеанской стороны к югу от о. Хокайдо. В годы благоприятной термической обстановки встречается у восточного Сахалина, Курильских и Командорских островов. Периодически стада сардины увеличивают свою биомассу до таких уровней, что сардина становится доминирующим видом в эпипелагиали Японского моря и южной

части СЗТО. На протяжении XX в. отмечено два периода широкого промыслового освоения данного вида в 1930-х и 1980-х гг.

Ученная биомасса сардины составила 374,173 тыс. т, а общая численность была оценена в 4714,106 млн. экз. Оценки обилия вида в течении последних двух лет находятся на высоком уровне (2014 г. – 365,11 тыс. т, 3749,46 млн. экз., а в 2013 г. – 0,1 тыс. т, и 3,06 млн. экз.). Встречаемость данного вида составила 14,7 %.

Средний результативный улов на час траления составил – 402,17 кг (5,9 тыс. экз.).

Основные уловы данного вида концентрировались за пределами 200-мильной зоны с восточной стороны от границы с Японией, транзитная зона восточной ветви течения Курисио, переходящая в Субарктическое течение. Границей распространения послужила изотерма 10°C.

Средняя длина особи составила 19,2 см. На всей акватории съёмки, доля самок была ниже, чем самцов. Порядка 92,2 % самцов и 85,4 % самок были неполовозрелыми, около 0,9% самок были стадии II-III, примерно 5,9 % самцов и 13,6 % самок были со стадией развития гонад III и около 1,9 % самцов и 0,01 % самок были на стадии зрелости IV.

Скумбрия - пелагическая стайная теплолюбивая рыба. Плодовитость около 40 тыс. икринок. Длина тела достигает 60 см. Распространение охватывает Японское море, Охотское море у берегов о. Хоккайдо, южные Курильские острова, тихоокеанское побережье Японии, Желтое море, Восточно-Китайское море, на север вплоть до юго-восточного побережья Камчатки и на восток до Калифорнийского побережья. Является ценным промысловым объектом, обладает высокими вкусовыми качествами.

Ученная биомасса скумбрии составила 2838,349 тыс. т, общая численность была оценена в 13193,167 млн. экз. В предыдущие годы уловы сардины отмечались в 2004, 2006, 2010, 2011, 2013 гг. Встречаемость данного вида составила 21,3 %.

Средний результативный улов на час траления составил – 1549 кг (7,2 тыс. экз.). Основные уловы данного вида концентрировались аналогично уловам сардины (в тех же местах). Максимальные уловы были зафиксированы при довольно высоких температурах поверхности 10-13,6 °С. Температурной границей распространения послужила изотерма 9 °С.

Средняя длина особи 27,7 см. Соотношение полов составило в 49,0 % / 51,0 % самок и самцов соответственно. Подавляющее большинство самцов (66,6 %) и часть (38,0 %) самок были неполовозрелыми. Половозрелыми особями стадии III были 26,6 % самцов и 55,0 % самок, стадии IV – 3,8 % самцов и 2,3 % самок. На посленерестовой стадии VI находилось 2,9 % самцов и 2,2 % самок.

Японский морской лещ – эпипелагический, широкобореальный вид, распространен в открытой пелагиали субтропических и умеренных вод на глубинах до 200 м. на огромной акватории Тихого океана от берегов восточной Камчатки, Курильских о-вов и Японии до Америки. На север проникает до открытых вод зал. Аляска и Командорско-Алеутской гряды.

Ученная биомасса леща составила 25,776 тыс. т, а численность 17,829 млн. экз. На фоне предыдущих лет исследований, уровень численности японского леща был немного выше среднемноголетнего.

Средний результативный улов на траление – 32,9 кг (23 экз.). Уловы данного вида были сконцентрированы у юго-восточной границы акватории съемки, океанический район смешанных вод субтропического происхождения, вдоль субарктического течения. Максимальные уловы данного вида отмечались при температуре поверхности выше 10°C. Единично особи данного вида отмечались в уловах от 7 до 10 °С.

Средняя длина особи 43,5 см. На всей акватории, доля самок была выше, чем самцов. Подавляющее большинство особей обоих полов были половозрелыми и находились на III стадии зрелости гонад (96,0 % самцов, 90,2 % самок), около 2,4 % самцов и 1,6% самок были на стадии II, 8,1 % самок и 1,6 % самцов были на стадии IV.

Общая биомасса рыб субтропического комплекса составила 3333,9 тыс. т, а общая численность – 17926,8 млн. экз. Такое значительное обилие было учтено во многом благодаря двум видам: скумбрия и сардина. Основные уловы сардины и скумбрии отмечались в южной части акватории съёмки.

ПОСЛЕРОДОВОЙ ПЕРИОД У САМОК СИВУЧА (EUMETORIAS JUBATUS) КОМАНДОРСКИХ О-ВОВ: СВЯЗЬ СО СНИЖЕНИЕМ РОЖДАЕМОСТИ

С.Д. Рязанов¹, В.Н. Бурканов^{2,3}

¹ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, ryazanov@poi.dvo.ru

²Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, vladimir.burkanov@noaa.gov

³Национальная лаборатория по изучению морских млекопитающих, АФСИ, НОАА-фишериз, г. Сиэтл, США

Сивуч, или северный морской лев – самый крупный представитель семейства ушастых тюленей. Его ареал простирается вдоль западного побережья Северной Америки от Калифорнии до Берингова пролива и от Чукотки до Японии у Азиатского побережья [1]. С 70-х годов прошлого века произошло почти повсеместное обвальное снижение численности этого вида зверей [2, 5, 7]. В настоящее время в российской части ареала наименее благополучной является субпопуляция сивуча Командорских о-вов.

В течение 2000-х гг. размножение сивуча на Командорских островах было относительно стабильным. Но с 2009 г. рождаемость стала снижаться [3, 4] и к 2015 г. количество приплода уменьшилось на 30%.

Мы предположили, что снижение рождаемости у командорских сивучей может быть связано с ухудшением зимних условий нагула.

Послеродовой период (ПП) – промежуток времени между рождением щенка и первым уходом самки в море на кормежку, – может служить показателем условий зимовки сивучей [8]. Благоприятные условия зимнего нагула позволяют самкам накапливать больше энергетических ресурсов к сезону размножения, что дает им возможность дольше оставаться со щенками, раскармливая их после родов и повышая их шансы на выживание.

Цель данной работы – оценка продолжительности ПП у самок сивуча на Командорских о-вах в период снижения рождаемости.

Полевой материал был собран на Юго-Восточном лежбище о. Медный в 2009-2012 и 2014 гг. Работы проводили в течение летних месяцев, ежедневно в светлое время суток, и включали визуальные наблюдения за мечеными сивучами и регистрацию событий

автономными автоматическими системами фото- и видеонаблюдения.

Продолжительность ПП оценивали в днях. Всего в анализе была использована информация о 106 ПП. Исследовали зависимость продолжительности ПП от года наблюдений, даты родов, возраста самки, ее материнского опыта, пола щенка и всех попарных комбинаций этих факторов с помощью обобщенных моделей линейной регрессии. Для оценки значимости использовали дисперсионный анализ с применением теста хи-квадрат. Так же провели сравнение продолжительности ПП в период снижения рождаемости с опубликованными данными за период, когда количество приплода было относительно стабильным (2005-2007) [6].

В течение 2009-2014 гг. продолжительность ПП варьировала от 4 до 16 (Med=10.44; QIR= 7.19-11.91) дней. Из всех проанализированных факторов и их попарных сочетаний продолжительность ПП достоверно зависела только от возраста самки (ANOVA: $p < 0.05$) и сочетаний факторов возраста самки и пола щенка (ANOVA: $p < 0.05$). Продолжительность послеродового периода в 2009-2014 гг. была достоверно меньше (Wilcoxon test, $p < 0.001$), чем в 2005-2007 гг. [6].

Послеродовой период у самок уменьшился с 2009 г., что совпадает с периодом резких спадов рождаемости у командорских сивучей [4]. Вероятно, уменьшение послеродового периода и снижение рождаемости вызваны одним и тем же фактором, или группой факторов. Можно предположить, что уменьшение ПП вызвано ухудшением условий нагула самок в зимний период, предшествующий сезону родов. В этом случае внутренние ресурсы организма самок меньше, поэтому истощаются быстрее, что вынуждает самок уходить на кормежку раньше.

Продолжительность послеродового периода в 2009-2014 гг. зависела от возраста самки, при этом не было обнаружено зависимости от того впервые она рожала или нет. Полученный результат говорит о том, что продолжительность ПП зависит не от опыта самки, как матери, а от опыта нагула. Мы полагаем, что молодые самки имеют меньше опыта для нагула, приходят в места размножения менее упитанными, поэтому их внутренние ресурсы истощаются раньше, что вынуждает их раньше уходить на кормежку.

Зависимость продолжительности ПП от сочетания факторов пола щенка и возраста матери может свидетельствовать о разных энергетических потребностях щенков-самок и щенков-самцов, которые отражаются на ПП молодых и менее успешных в нагуле самок. Однако данная зависимость может быть и артефактом, вызванным малым количеством выборочных значений (всего 14 значений для молодых самок).

Авторы благодарны всем участникам проекта по изучению сивуча, оказавшим помощь при полевых работах. Финансовую поддержку исследований оказала Национальная лаборатория по изучению морских млекопитающих (NMML/AFSC/NOAA-Fisheries).

Литература

1. Огнев С.И. Звери СССР и прилежащих стран. Т. 3: хищные и ластоногие. М., 1935. 752 с.
2. Перлов А.С. О снижении численности сивучей // Изучение, охрана и рациональное использование морских млекопитающих: Тез. Докл. – VIII Всесоюзного совещания (Астрахань, 5-8 сентября 1982 г). 1982. С. 284-285.
3. Рязанов С.Д., Белонович О.А., Мамаев Е.Г., Никулин В.С., Фомин С.В., Бурканов В.Н. Образование локальной популяции, динамика и современное состояние численности сивуча (*Eumetopias jubatus*) на командорских островах // Известия ТИНРО. 2014. Т. 176. С. 100-114.
4. Рязанов С.Д., Мамаев Е.Г., Бурканов В.Н. К вопросу о спадах численности сивучей (*Eumetopias jubatus*) на Командорских островах // Исслед. вод. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. 2013. Вып. 28. С. 36-40.
5. Braham H.W., Everitt R.D., Rugh D.J. Northern sea lion population decline in the eastern Aleutian Islands // J. Wildl. Manage. 1980. V. 44, No.1. P. 25-33.
6. Burkanov V., Gurarie E., Altukhov A., Mamaev E., Permyakov P., Trukhin A., Waite J., Gelatt T. Environmental and biological factors influencing maternal attendance patterns of Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*) in Russia // Journal of Mammalogy. 2011. V. 92. No. 2. P. 352-366.
7. Burkanov V.N., Loughlin T.R. Distribution and Abundance of Steller Sea Lions on the Asian Coast, 1720's – 2005 // Mar. Fish. Rev. 2005. V. 67, No. 2. P. 1-62.
8. Hood W.R., Ono K.A. Variation in maternal attendance patterns and pup behavior in a declining population of Steller sea lions // Can. J. Zool. 1997. V. 75. P. 1241-1246.

ДИНАМИКА ВОД И ПОДЛЕДНОЕ ЦВЕТЕНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА В ЭСТУАРИИ РЕКИ ПАРТИЗАНСКОЙ (ЗАЛИВ НАХОДКА)

П.Ю. Семкин, Т.А. Михайлик, Ю.А. Барабанщиков,

А.А. Косьяненко, П.П. Тищенко

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, pahno@list.ru

В результате проникновения морских вод в эстуарии и взаимодействия их с речными водами создаются условия для формирования наибольшей продуктивности и максимальной ассимиляции биогенных элементов при фотосинтезе. Это явление можно рассматривать как вклад биологической системы в работу маргинального фильтра по отношению к биогенным веществам [1].

Жизнедеятельность фитопланктона определяется комплексом условий среды обитания, среди которых наиболее изучено влияние концентраций биогенных элементов, освещенности, солености, температуры, зоопланктона [3]. Под цветением фитопланктона понимается массовое развитие определенного вида микроводорослей при благоприятном сочетании факторов внешней среды [2].

Фотосинтез подо льдом изучен гораздо в меньшей степени, чем в условиях открытой воды. Основные публикации по этой теме, обобщены в [4] и относятся к Арктическому региону.

В зимний и летний сезоны 2014–2015 гг. в эстуарии р. Партизанской, при полусуточном приливе с амплитудой 10 см и расходе реки 11.9 и 30.0 м³/с соответственно, были выполнены внутрисуточные гидрологические исследования.

Полевые исследования включали следующий комплекс работ: 1) непрерывные суточные измерения течений в области смешения речных и морских вод с помощью электромагнитных измерителей течений (INFINITY-EM - Япония) на протяжении суток с дискретностью 10 минут. Автономная буйковая станция (АБС) состояла из четырех измерителей течений 2) Зондирование с помощью зондов SBE 19 plus (США) на разрезе длиной 13 км с интервалом три часа, проходящем через эстуарий. Зонды оснащались датчиками температуры, электропроводности, концентрации хлорофилла *a*, мутности, ФАР (фотосинтетически активной радиации). Для измерения профилей растворенного кислорода использовался безынерционный оптический датчик кислорода RINKO ARO-2 USB (Япония). 3) Наблюдение за

уровнем воды в трех районах эстуария. 4) Наблюдения за метеорологическими условиями.

По многолетним данным среднемесячный расход воды в реке Партизанской летом превышает среднемесячный расход в зимний сезон более чем в 8 раз. Во время наших исследований величина расхода в период зимней и летней съемок отличалась в три раза ($30 \text{ м}^3/\text{с}$ – зимой и $11.9 \text{ м}^3/\text{с}$ – летом), в этих условиях соленостный фронт наблюдался на расстоянии от бара 10.5 км в феврале и 9.5 км в сентябре.

В зимний сезон вертикальный градиент солености в области смешения превышал 30‰ на 1 м, при этом наблюдалась классическая эстуарная циркуляция, вызванная эффектом вовлечения. Максимальная скорость потока в верхнем слое, направленного в сторону моря, составляла 20 см/с. Скорость потока придонных морских вод в направлении реки находилась в пределах 5–15 см/с. Внутрисуточная изменчивость положения границы речных и солоноватых вод определяется фазой и величиной прилива. Изменчивость солености на мелководных участках эстуария в области фронта превышала 20‰ за период менее трех часов. Влияние сгонного ветра прослеживается в зимний период. Ветра северо-восточного направления вызывают компенсационный поток вод с соленостью выше 34‰ из залива Находка в реку. Эти воды распространяются на расстояние 2.5 км выше устьевого бара в район с наибольшей глубиной в эстуарии (7 метров), где происходит их накопление. При ослаблении скорости ветра или смене его направления, значения солености в этом углублении снижаются до фоновых значений солености интрузии менее чем за три часа.

В период зимней съемки, в средней части эстуария, зафиксированы аномально высокие концентрации хлорофилла *a*, превышающие 150 мкг/л в дневное время суток, при этом насыщенность воды кислородом в данном районе достигала 142%. В ночные часы концентрация хлорофилла *a* в данном районе снижались до 80 мкг/л, а насыщенность воды кислородом при этом составляла 120%. Повышенные значения продукционных характеристик наблюдались на нижней границе галоклина, в водах с соленостью от 20 до 31‰.

Подледное цветение фитопланктона в средней части эстуария реки Партизанской объясняется ослабленным водообменном этого района с мористым районом эстуария в зимний период, высокой

прозрачностью вод, характерной для данного эстуария и относительно высокой концентрацией биогенных элементов поставляемых с речными водами.

Литература

1. Лисицын А.П. Маргинальный фильтр океанов // Океанология. 1994. Т. 34. № 5 С. 735–747.
2. Anderson D.M., Glibert P.M., Burkholder J.M. Harmful algal blooms and eutrophication: Nutrient sources, composition, and consequences // Estuaries. Vol. 25, Issue 4, August 2002, P. 704–726
3. Geroldine Sarthoua, Klaas R. Timmermansb, Stéphane Blaina, Paul Tre'guer. Growth physiology and fate of diatoms in the ocean: a review // Journal of Sea Research 53 (2005), P. 25–42.
4. Stein R., Macdonald R. W. (ed.). The Organic Carbon Cycle in the Arctic Ocean. – Springer Science & Business Media, 2004. 363 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНОВ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ПИЛЕНГАСА *LIZA* *HAEMATOSCHEILUS* В КАЧЕСТВЕ ИНДИКАТОРА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПЛАСТИКОВЫМИ ОТХОДАМИ

Н.В. Довженко¹, О.М. Сеченова²

¹ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток,

²ФГБОУ ВПО «Дальрыбвтуз», г. Владивосток, oll.95@mail.ru

В настоящее время нельзя представить себе жизнь без пластика, который является неотъемлемой частью нашего быта. Большое количество изделий из пластика предназначено для одноразового использования. Рост глобального производства пластмассы, которая в конечном итоге попадает в различные экосистемы (в том числе и водную), представляет собой серьезную угрозу для всего живого на Планете. Пластик почти не поддается воздействию окружающей среды, обладает высокой устойчивостью к распаду. К сожалению, редкие промышленные предприятия, а также организации по сбору и утилизации бытовых и промышленных отходов учитывают этот факт и ответственно подходят к вопросу экологии и переработки пластиковых отходов.

В Приморье действует более десятка производственных предприятий, которые изготавливают и реализуют полимерную продукцию. И на фоне этого производства в нашем регионе только несколько компаний занимаются вторичной переработкой

пластиковых отходов. Как результат жизнедеятельности современного человека в водах Амурского и Уссурийского залива, а также в черте береговых линий наблюдается огромное количество пластиковых предметов. Медленно разлагаясь, пластик наносит серьёзный вред окружающей среде, при этом рыбы и прочие морские обитатели акваторий страдают больше всего. Мелкие частицы пластика употребляют в пищу многие виды рыб, пассивно заглатывая его вместе с планктоном.

В связи со сложившейся ситуацией, целью данной работы стало исследование желудочно-кишечного тракта у широко распространённого промыслового вида семейства кефалевых *Liza haematocheilus* (дальневосточный пиленгас) на наличие пластиковых фрагментов.

В основу работы положены материалы, собранные в кустовой части Амурского залива (в районе б. Федорова) в июле 2015 г. Рыбу отлавливали с помощью подводного ружья.

Таблица. Наполнение желудочно-кишечного тракта, количество и размер пластиковых фрагментов, найденных в желудках дальневосточного пиленгаса *L. haematocheilus*

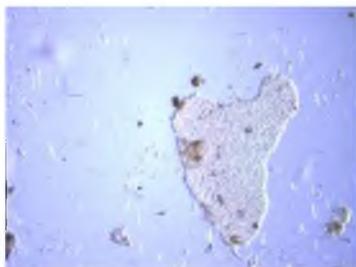
№	пол	Наполнение желудочно- кишечного тракта	Количество фрагментов	Размеры фрагментов, мм
1	самец	243	0	
2	самка	342	5	0,46-1,16
3	самка	342	18	0,61-2,1
4	самец	231	0	
5	самец	342	16	0,75-1,68
6	самец	342	10	0,68-1,75

Пиленгас типичный мелиоратор и способствует утилизации излишнего органического вещества. Спектр питания широк и подвержен возрастным изменениям. Наиболее разнообразен состав пищи взрослых особей. Помимо детрита в рационе вида в разных пропорциях отмечаются мелкие простейшие и копеподы, многощетинковые черви, ракообразные, моллюски [1].

Просмотрено содержимое 6 желудков пиленгаса. Отмечено, что все экземпляры рыб имели высокий индекс наполнения желудков, рыба активно питалась. Найденные фрагменты попали в желудок рыб путем активного питания. Основными компонентами

пищевого комка были: в бОльшем количестве спат мидии на стадии великонха, копеподы, изоподы, детрит, фрагменты водорослей разных видов. В некоторых экземплярах были обнаружены частицы пластика разных размеров. Фрагменты имели разную форму, были прозрачные или светло-зеленого цвета. Размеры варьировали от 0,46 до 2,1 мм и встречались у рыб под номерами 2, 3, 5 и 6.

Найденные фрагменты были зафиксированы и представлены на рисунках. Все измеренные нами частицы имели размеры не более 5 мм. Зарубежные авторы исследовали содержимое желудков крупных рыб – рыбы-меч, тунца обыкновенного и длинноперого тунца (Romeo et al., 2015). В желудках этих рыб суммарно были обнаружены 29 фрагментов пластика от 0,63 до 164,5 мм, в связи, с чем и была предложена шкала размерности пластика, который классифицировался как 1) микропластик – менее 5 мм; 2) мезопластик – от 5 до 25 мм; 3) макропластик – более 25 мм [2]. Найденные нами фрагменты можно отнести к микропластику. Самый мелкий фрагмент был найден у рыбы под № 2 (0,46 мм), а самый крупный - №3 (2,1 мм).



Фрагмент размером 2,1 мм в желудке самки *L. haematocheilus* (№3)

В отличие от хищных рыб, которые активно охотятся, ошибочно заглатывая фрагменты пластика, принимая их за еду, у пиленгасов проникновение пластика в желудок происходит пассивным путем. Вероятно, поэтому в желудках пиленгасов было найдено большее количество фрагментов (49 шт.).

Таким образом, промысловый вид *L. haematocheilus* попадает в «группу риска» по пассивному употреблению пластиковых отходов, что негативно сказывается на экологических характеристиках употребляемой в пищу рыбы, т.к. пластик является частью пищевой цепи.

Литература

1. Пряхин Ю.В. Азово-Черноморская популяция пиленгаса, 2011 // Биология и медицинская наука. №1. С 4-14
2. T. Romeo, First evidence of plastic debris in stomach of large pelagic fish in the Mediterranean Sea//Marine Pollution Bulletin. 2015. №95. Pp. 358-361

ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ АМУРСКОГО ЗАЛИВА В ПЕРИОД СТАНОВЛЕНИЯ ГИПОКСИИ В АВГУСТЕ 2008 Г.

П.П. Тищенко

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, ea15@poi.dvo.ru

В июле 2015 г. на основе работы двух оптических датчиков кислорода RINKO серии ARO-USB был проведен расчет ассимиляционного числа фитопланктона для акватории Амурского залива. Значение фотосинтетического коэффициента приняли равным 1.4, что соответствует мезотрофным водам при доминировании в них водорослей типа *Skeletonema costatum* [3, 4]. На основе измерений вертикальных профилей флуоресценции хлорофилла, проведенных в августе 2008 г., получили первичную продукцию (ПП) фитопланктона в фотическом слое Амурского залива, используя световую модель В.И. Звалинского для расчета дневной ПП в столбе воды [1]:

$$P = 0.66 \cdot Aч \cdot C_{xф} \cdot T_d,$$

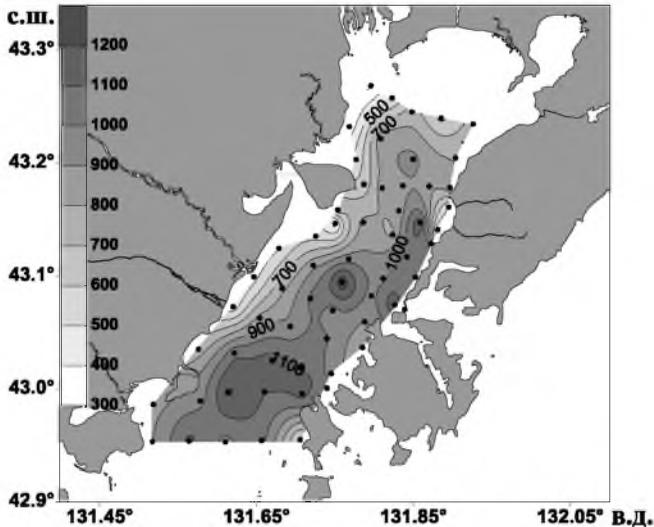
(1)

где $Aч$ – ассимиляционное число, мгС/(мгХл·сут);

$C_{xф}$ – содержание хлорофилла a в слое фотосинтеза, мкг/л;

T_d – долгота дня, ч.

Установлено, что ПП фитопланктона варьируется в пределах от 300 до 1200 мгС/(м²·сут) (рис.). Наблюдается тенденция роста ПП с глубиной. Показано, что при использовании глубины видимости диска Секки для определения нижней границы слоя фотосинтеза в районе гипоксии, существующей в придонных водах Амурского залива в летний сезон [2] можно получить завышенные значения ПП.



Пространственное распределение величины первичной продукции (мгС/(м²·сут)) в Амурском заливе в августе 2008 г.

Литература:

1. Звалинский В.И. Количественное описание морских экосистем. 1. Общие подходы // Известия ТИНРО. 2008. Т. 152. С. 132-153.
2. Тищенко П.Я., Лобанов В.Б., Звалинский В.И., Сергеев А.Ф., Волкова Т.И., Колтунов А.М., Михайлик Т.А., Сагалаев С.Г., Тищенко П.П., Швецова М.Г. Сезонная гипоксия Амурского залива (Японское море) // Известия ТИНРО. 2011. Т. 165. С. 108-129.
3. Laws E.A. Photosynthetic quotients, new production and net community production in the open ocean // Deep-Sea Research. 1991. Vol. 38. No. 1. P. 143-167.
4. Smith L.M., Silver C.M., Oviatt C.A. Quantifying variation in water column photosynthetic quotient with changing field conditions in Narragansett Bay, RI, USA // Journal of Plankton Research. 2012. Vol. 34. No. 5. P. 437-442.

ВЛИЯНИЕ МОРУЛОПОДОБНЫХ КЛЕТОК НА ЭКСПРЕССИЮ ПОВЕРХНОСТНЫХ РЕЦЕПТОРОВ К РАСТИТЕЛЬНЫМ ЛЕКТИНАМ ДВУХ ТИПОВ ФАГОЦИТОВ У ГОЛОТУРИИ *EUPENTACTA FRAUDATRIX*

О.А. Уланова

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, olga_shitkova@mail.ru

Дальневосточная голотурия *Eupentacta fraudatrix* является удобным модельным объектом для изучения врожденного иммунитета. Ключевую роль в иммунных реакциях голотурий играют фагоциты и морулоподобные клетки [5]. Иммунный ответ у иглокожих осуществляется при взаимодействии этих клеток и, как у позвоночных животных, может координироваться гуморальными продуктами. Среди гуморальных регуляторов иммунного ответа у позвоночных важную роль играют лектины. Эти белки способны влиять на межклеточную кооперацию и реализацию апоптоза [4]. Для модуляции иммунного ответа в эксперименте часто используют растительные лектины, в частности, конканавалин А [3]. В отношении голотурий известно, что два типа фагоцитов (Ф1 и Ф2) и морулоподобные клетки (МК) отличаются по уровню апоптоза и связывания растительных лектинов рецепторами на поверхности клеток [2]. Однако данных о гуморальной регуляции взаимодействия иммуноцитов не достаточно.

В связи с этим целью работы явилось исследование влияния морулоподобных клеток на уровень апоптоза и связывание растительных лектинов поверхностными рецепторами фагоцитов двух типов голотурии *E. fraudatrix*.

Ф1, Ф2 и МК получали центрифугированием в ступенчатом градиенте плотности фиколла-верографина [1]. МК инкубировали 24 ч и получали супернатант (сМК), который добавляли к свежeweделенным суспензиям Ф1 или Ф2. Инкубацию проводили в течение 24 ч. Для определения экспрессии поверхностных рецепторов клеток к лектинам использовали конъюгированные с FITC (флюоросцеин изотиоцианат) растительные лектины: конканавалин А (кон А), лектины из *Arachis hypogaea* и *Glycine max* [6]. Апоптоз оценивали окрашиванием клеток Hoechst 33342 [7].

Выявлено, что лектины из *A. hypogaea* и *G. max* связываются с рецепторами Ф1 в значительно меньшей степени, чем Кон А. СМК подавлял связывание лектина из *A. hypogaea*, увеличивал связывание лектина из *G. max* и не влиял на связывание Кон А с поверхностными рецепторами Ф1. При этом сМК снижал уровень апоптоза в Ф1 по сравнению с контролем. Таким образом, гуморальная регуляция Ф1 морулоподобными клетками, по-видимому, может осуществляться лектином со специфичностью к D-galNac, подобно лектину из *G. max*.

В Ф2 уровень связывания лектина из *A. hypogaea* с поверхностными рецепторами значительно превышал уровень связывания лектина с Ф1. СМК не оказывал влияния на связывание лектина из *A. hypogaea* и *G. max*, однако снижал связывание Кон А. Эти изменения происходили на фоне стимуляции апоптоза в Ф2. По-видимому, апоптозстимулирующее действие МК на Ф2 осуществляется через ингибирование манноза-связывающих рецепторов.

Таким образом, гуморальные продукты из МК действуют противоположным образом на апоптоз и экспрессию поверхностных рецепторов в двух типах фагоцитов голотурий, что свидетельствует в пользу представлений о разной роли этих фагоцитов в иммунном ответе. Кроме того, разница в уровне связывания лектинов с поверхностными рецепторами Ф1 и Ф2 свидетельствует о различиях в их рецепторном аппарате и о возможности использования определения связывания лектинов с клетками для фенотипирования данных иммуноцитов.

Литература

1. Долматова Л.С., Заика О.А. Апоптозмодулирующее действие простагландина E₂ в целомочитах голотурии *Eupentacta fraudatrix* зависит от антиоксидантного ферментативного статуса клеток // Известия РАН. Серия биологическая. 2007. № 3. С. 273 – 282.
2. Долматова Л.С., Шиткова О.А., Долматов И.Ю., Тимченко Н.Ф. Термостабильный летальный токсин *Yersinia pseudotuberculosis* индуцирует апоптоз и ингибирует экспрессию поверхностных рецепторов к лектинам в иммуноцитах голотурии *Euprntacta fraudatrix* // Журнал микробиологии. 2006. № 3. Приложение. С. 23-28.
3. Лахтин В.М. Молекулярная организация лектинов // Молекулярная биология. 1994. Т. 28, вып. 2. С. 245-273.
4. Рапопорт Е.М., Почечуева Т.В., Курмышкина О.В. и др. Твердофазные системы для исследования углеводной специфичности галектинов // Биохимия. 2010. Т. 75, № 3. С. 380-390.
5. Chia F., Xing J. Echinoderm coelomocytes // Zoological Studies. 1996. Vol. 35, no. 4. P. 231-254.
6. McKenzie A.N., Preston T.M. Functional studies on *Calliphora vomitoria* haemocyte subpopulations defined by lectin staining and density centrifugation // Develop. Comp. Immunol. 1992. Vol. 16 P. 19-30.
7. Pollack A., Ciancio G. Cell cycle phase specific analysis of cell viability using Hoechst 33342 and propidium iodide after Ethanol preservation // Methods in Cell Biology. 1990. Vol. 33. P. 19-24.

**ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ МЕДИ НА ОБРАЗОВАНИЕ
МАЛОНОВОГО ДИАЛЬДЕГИДА В ОРГАНАХ МИДИИ ГРЕЯ
CRENOMYTILUS GRAYANUS (DUNKER, 1853) (BIVALVIA:
MYTILIDAE) В УСЛОВИЯХ ЛАБОРАТОРНОГО
ЭКСПЕРИМЕНТА**

**Ю. И. Фадеева¹, В. Я. Кавун¹, В. В. Слободскова^{1,2}, В. П.
Челомин²**

¹*Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,
г. Владивосток, Fadeeva-imb@mail.ru;*

²*ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток*

Проведена оценка влияния наночастиц CuO (НЧ; 20 мкг/л) на образование малонового диальдегида в органах мидии Грея в условиях лабораторного эксперимента. На фоне полученных результатов, свидетельствующих о низкой биодоступности использованных нами НЧ меди для мидии Грея, в исследуемых органах, были отмечены изменения содержания малонового диальдегида отличные от таковых в группе контроля.

Небольшой размер наночастиц (НЧ) обеспечивает им уникальные свойства, отличающиеся от свойств тех же веществ микронного и более крупного размера. Благодаря этому они используются в различных областях промышленности, медицины и косметологии, входят в состав многих изобретений [5]. Такое интенсивное производство и использование НЧ может стать причиной их попадания в прибрежные воды с последующим проникновением в организм водных животных. Одним из побочных эффектов накопления НЧ в организме является нарушение антиоксидантного статуса и ускорение продуцирования продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ). Среди таких продуктов выделяют малоновый диальдегид (МДА), который способен оказывать мутагенное и канцерогенное воздействие [3]. Повышение содержания МДА в организме, сопровождается, а возможно, и вызывает многие патологические изменения в тканях, приводящие к гибели клеток.

Главной целью нашего исследования стала оценка влияния НЧ CuO на образование МДА в органах (жабры, пищеварительная железа (ПЖ)) мидии Грея в условиях лабораторного эксперимента. Моллюски (13,18±0,62 см) из акватории о-ва Рейнеке в течение 30 сут содержались в аквариумах с ежедневной сменой воды и добавлением НЧ CuO (<50 нм) в концентрации 20 мкг/л.

Контрольные животные содержались в аквариуме с чистой морской водой аквариальной установки ИБМ ДВО РАН. Каждые 10 сут из каждого аквариума препарировали по 5 мидий. Выделенные органы высушивали при 85°C и минерализовали концентрированной HNO₃ марки ОСЧ. Концентрацию металлов определяли методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии на приборе Shimadzu-6800F. Продукты ПОЛ оценивали согласно описанному методу Evdelmeier et al. (1998).

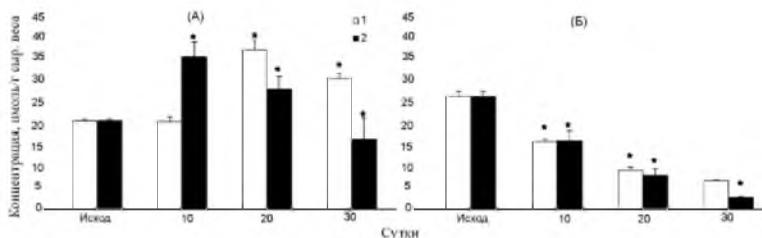
Результаты эксперимента показали, что в исследуемых органах двух групп моллюсков, не было зарегистрировано значительного накопления меди (таблица). Данное явление может быть связано с низкой биодоступностью использованных НЧ CuO, их способностью образовывать выпадающие в осадок агрегации, а также с видовой специфичностью защитной стратегии используемых моллюсков. Не смотря на отсутствие значительного накопления НЧ меди в органах мидий динамика изменения содержания МДА значительно отличалась от таковой в группе контроля (рис.). В жабрах особей, находящихся на экспозиции с НЧ CuO, на 10-е сут резко увеличилась концентрация малонового диальдегида, превысив ее уровень в группе контроля в 1,5 раза. Повышение содержания МДА у контрольных моллюсков на 20-е сут (1,5 раза), напротив, совпало с его снижением в группе с НЧ CuO. На 30-е сут концентрация данного продукта снизилась в жабрах двух групп мидий. В этот период в группе с НЧ меди ее уровень был в 2 раза ниже контрольного значения (рис. А). В ПЖ первые 20 сут эксперимента наблюдалось подобное уменьшение содержания малонового диальдегида у обеих групп моллюсков (до 2,5 раз от исхода). На 30-е сут снижение концентрации МДА было отмечено только в группе с НЧ CuO (в 2 раза) (рис. Б).

Известно, что активное вмешательство чужеродного агента в окислительный метаболизм прямо или косвенно сопряжено с усилением генерации высокорекреационных радикалов кислорода, в результате чего в клетке развивается окислительный стресс [4]. Учитывая факт отсутствия значительного накопления Cu в группе с НЧ CuO, мы предполагаем о косвенном проявлении ее токсичности. Так в ранее проведенной работе [1] был отмечен ряд специфических изменений содержания ряда микроэлементов у моллюсков подверженных воздействию НЧ CuO отличных от таковых в контрольной группе, что, по нашему мнению, также могло спровоцировать образование продуктов ПОЛ. В настоящее время

механизмы завуалированного проявления биологической активности (токсичности) наночастиц неясны. Для того чтобы в полной мере прояснить и оценить значение выявленных в нашей работе изменений, необходимы дальнейшие углубленные исследования.

Таблица. Динамика изменения концентрации Cu в органах *Crenomytilus grayanus*. * – достоверные отличия от контроля оцененные t-критерием Стьюдента.

Сутки	Контрольная группа		Группа с НЧ CuO	
	Жабры	ПЖ	Жабры	ПЖ
Исход	9,97±1,45	11,7±2,35	9,97±1,45	11,7±2,35
10	6,71±0,76*	9,61±1,2	6,76±0,63*	12,06±1,27
20	6,22±0,82	9,08±0,71	7,05±0,58	11,32±1,12
30	7,53±1,26*	12,4±1,37	7,07±0,83	14,44±1,75*



Динамика изменения концентрации МДА в органах *Crenomytilus grayanus*: А-жабры, Б-пищеварительная железа. * – достоверные отличия от контроля оцененные t-критерием Стьюдента

Литература

1. Фадеева Ю.И., Кавун В. Я., Слободскова В.В., Челомин В.П. Влияние наночастиц и ионов меди на изменение микроэлементного состава органов мидии грея *Crenomytilus grayanus* (Dunker, 1853) (Bivalvia: Mytilidae) в условиях лабораторного и натурального экспериментов // Сдана в печать Биол. моря. 2015.
2. Gomes T., Catarina G., Pereira G. et al. Accumulation and toxicity of copper oxide nanoparticles in the digestive gland of *Mytilus galloprovincialis* // Aquatic Toxicology. 2012. Vol. 118–119. P. 72–79.
3. Repetto M., Semprine J., Boveris A. Lipid Peroxidation: Chemical mechanism, biological implications and analytical determinations // Lipid Peroxidation. Edited by: Catala A. 2012. Vol. 546. P. 1-28.
4. Sies H. Oxidative stress: oxidants and antioxidants // London: Academic Press Limited. 1991. 650 p.

5. Shaw B. J., Handy R. D. Physiological effects of nanoparticles on fish: A comparison of nanometals versus metal ions // Environment International. 2011. Vol. 37. P. 1083–1097.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ ПАЛЕВОГО МОРСКОГО ЕЖА (*STRONGYLOCENTROTUS PALLIDUS*) В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

М.О. Чалиенко, Е.Н. Дробязин

ФГБУН «ТИНРО-Центр», г. Владивосток, yumbo@vandex.ru

Обилие и качество пищи - один из основных факторов, влияющих на рост и созревание гонад иглокожих. Характерной особенностью питания сублиторальных морских ежей является широкий спектр кормовых объектов и довольно четкая зависимость пищевой активности от сезона и вида корма, а также от функционального состояния ежей. У глубоководных видов, обитающих в условиях относительного однообразия низкокалорийной пищи, особенности питания и их взаимосвязь с репродукцией до конца не изучены. Ранее нами было отмечено, что у *S. pallidus*, обитающего в заливе Петра Великого, степень наполнения гонад в разных батиметрических диапазонах достоверно различается, что предположительно связано с различиями в условиях питания [3].

Цель настоящей работы – оценить степень накормленности *S. pallidus* в заливе Петра Великого на разных глубинах обитания.

Пробы *S. pallidus* (по 50 экз. с шести разных глубин) были собраны в апреле 2015 г. в заливе Петра Великого путем траления на глубинах от 40 до 680 м. У исследуемых особей измеряли диаметр панциря, общую массу, массу гонады и кишечника, рассчитывали гонадный и кишечный индексы (ГИ и КИ). У половозрелых самок определяли стадии зрелости гонад. Качественный состав содержимого кишечника и соотношение пищевых компонентов устанавливали, просматривая пищевые комки под бинокляром.

В исследуемый период в гонадах ежей наблюдались процессы активного гаметогенеза, при этом у особей, обитающих на глубинах менее 70 м, степень развития половых желез была выше, чем на глубинах более 200 м. Средние значения ГИ

варьировали от 2,2% (на глубине 226 м) до 10% (на глубине 69 м) (таблица).

Таблица. Средние значения КИ и ГИ *S. pallidus* с разных глубин обитания

Глубина, м	Диаметр, мм*	ГИ, %*	КИ, %*
41	55±0,5 (43-68)	4,7±0,2 (1-12,5)	18±0,5 (9-29)
69	74±1 (58-91)	10±0,9 (2,4-30)	12±0,4 (4-17)
226	36,5±1 (28-54)	2,2±0,4 (0,3-8)	16±0,7 (9-24)
280	39±1 (27-60)	5,3±0,4 (0,8-14)	16±0,7 (4-27)
346	44±1,4 (26-56)	9,6±0,6 (2-18)	16±0,7 (8-27)
670	36±1 (27-47)	2,7±0,5 (0,3-9,5)	9±0,7 (4-22)

Примечание: * - значения представлены в виде среднего и его ошибки и пределов изменчивости (в скобках).

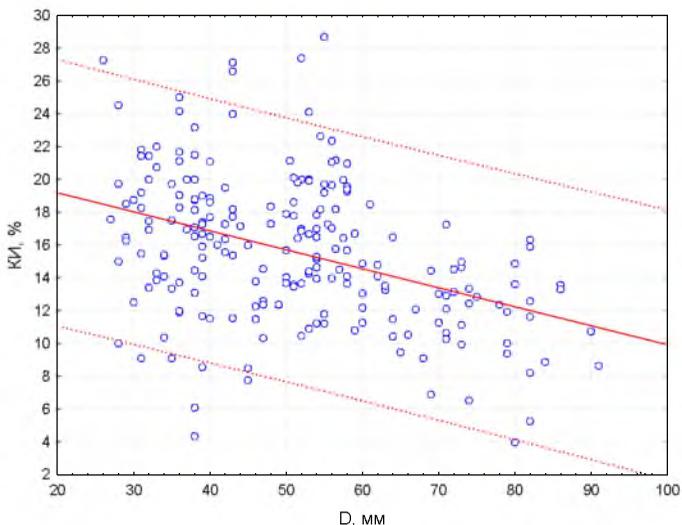
Отмечено закономерное увеличение ГИ в процессе созревания гонад ежей. Напротив, значения КИ не зависели от степени зрелости гонад. Наибольшие средние значения КИ были отмечены на глубине 41 м (18%), а наименьшие – на глубине 670 м (9%) (таблица). Также сравнительно низкие значения КИ имели ежи, собранные с глубины 69 м (12%). На остальных глубинах (226, 280 и 346 м) значения этого показателя составили около 16%.

По данным со всех районов сбора проб был построен общий график зависимости значений КИ от диаметра панциря (рисунок). Отмечена тенденция к снижению величины КИ с увеличением размеров ежей ($r = -0,4$, $p = 0$). Подобная тенденция может объясняться несколькими причинами: во-первых различиями в интенсивности питания молодых и взрослых особей и во-вторых различиями в условиях питания на разных глубинах.

В 2013-2015 гг. в зал. Петра Великого наблюдалось дифференцированное распределение различных размерно-возрастных групп. Крупные ежи со средними размерами 65-74 мм обитали в районе внешнего шельфа. Мелкие особи (<45 мм) в основном встречались на материковом склоне (глубже 100 м) и в районе внутреннего шельфа в западной части залива (до 50 м). Таким образом, на графике зависимости величины КИ от диаметра точки, отмеченные в правой части графика (>60 мм), в основном образованы ежами, обитающими на глубине 69 м, а ежи размером <60 мм особями с глубины 41 м и глубже 200 м. При этом мелкие экземпляры (<45 мм) могут быть представлены как тугорослыми особями, так и молодью. КИ ежей, обитающих на свале и в районе внутреннего шельфа, за исключением ежей с глубины 670 м,

достоверно больше, чем у крупных ежей с глубины 69 м, можно предположить, что в этих районах распространены молодые особи, интенсивность питания которых выше, чем у взрослых ежей [2]. Также на величину КИ могли влиять условия питания на разных глубинах. Установлено, что кишечники *S. pallidus*, взятых из разных батиметрических диапазонов, за исключением глубины 69 м, в основном были заполнены детритом (глубина 41 м) и непищевыми объектами – илом с песком (на остальных глубинах).

В пробе с глубины 69 м, спектр питания ежей был более разнообразным: в 70% проб преобладали губки (*Suberites sp.*), в небольших количествах встречались водорослевой опад и останки ракообразных, а также детрит. Ежи с данной станции отличались более крупными размерами (средний размер 74 мм) и наибольшими значениями ГИ. Сравнительно невысокие значения КИ на этой станции (12%) можно объяснить меньшим удельным весом пищи (губки). Также следует отметить, что животным с остальных глубин, где кишечники были заполнены детритом и илом с песком, для удовлетворения энергетических потребностей приходится пропускать через себя большее количество малокалорийной пищи [1], что вероятно отражается в повышении средних значений КИ. У ежей с наиболее глубоководной станции - 670 м низкое значение КИ (9%) возможно связано с неблагоприятными условиями питания.



Зависимость величины КИ от диаметра панциря *S. pallidus* в 2015 г.

Таким образом, на основе полученных данных можно предположить, что степень накормленности *S. pallidus* в зал. Петра Великого зависит как от обилия и калорийности (качественного состава) пищи, так и от возраста ежей.

Литература

1. Бажин А.Г., Степанов В.Г. Морские ежи семейства Strongylocentrotidae морей России. – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2012. – 196 с.
2. Холодов В.И. Трансформация органического вещества морскими ежами (Regularia). – Киев: Наук. думка, 1981. – 160 с.
3. Чалиенко М.О., Калинина М.В. Некоторые особенности размножения палевого морского ежа (*Strongylocentrotus pallidus*) в заливе Петра Великого. Материалы VII Всероссийской НПК (22-24 марта 2016 г.) «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысл. и техн. использование». – Петропавловск-Камчатский. 2016 г. (в печати).

БИОМАРКЕРЫ ТОКСИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НАНОЧАСТИЦ НА ТКАНИ МИДИИ ТИХООКЕАНСКОЙ *MYTILUS TROSSULUS*

А.А. Чеснокова, А.Ф. Жуковская

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, chesnokova_alena@mail.ru

Благодаря использованию человеком в различных отраслях деятельности многих веществ в наноформе, на сегодняшний день остро встала проблема загрязнения морей веществами с размером менее 100 нм [2, 4]. Основная и очень серьезная проблема использования наночастиц (НЧ) состоит в том, что многие вещества, совершенно безопасные в обычной форме, становятся чрезвычайно токсичными и опасными после измельчения их до наноразмеров (менее 100 нм). В такой форме вещества приобретают новые, присущие им свойства и биологические эффекты. Однако до сих пор потенциальный экологический риск данных материалов изучен недостаточно. В связи с этим, одним из первостепенных вопросов, на которые необходимо получить ответ, касается эффект НЧ на морскую биоту. Среди биоты двусторчатые моллюски являются одними из первых, кто испытывает на себе антропогенное воздействие, так как именно в море поступают сточные воды, 90% которых не подвергается предварительной очистке и могут содержать не только тяжелые

металлы, органические соединения и другие загрязнители, но и вещества в наноформе [1].

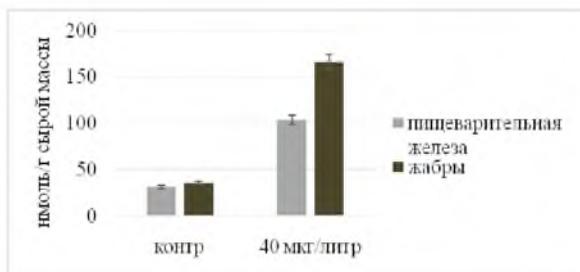
Поэтому, целью данной работы является выявить патологический эффект воздействия НЧ на организм морского гидробионта мидия тихоокеанская *Mytilus trossulus*. В ходе эксперимента было изучено накопление карбонильных продуктов белков, как показателя окислительного стресса в тканях пищеварительной железы и жабрах мидии тихоокеанской *M. trossulus* в присутствии наночастиц оксида меди в среде. Особи мидии тихоокеанской *M. trossulus* были отловлены из акватории залива Восток и содержались в аквариуме с ежедневной сменой воды. После адаптации в течении 7 дней первая группа моллюсков была отобрана для контрольного опыта, остальная группа животных была инкубирована с 40 мкг/литр НЧ CuO в течение 7 дней с постоянной сменой воды. В дальнейшем, у каждой особи мидии были отобраны жабры и пищеварительная железа для дальнейшего определения количества карбониллов в ткани, согласно методу Левина [3]. Концентрацию карбониллов в ткани выражали как н/моль карбониллов на грамм сырого веса ткани.

Результаты показали, что в контрольной группе мидий концентрация карбониллов не значительна по сравнению с экспериментом и составляет 31 нмоль/г сырой ткани для пищеварительной железы и 35 нмоль/г сырой ткани для жаберной ткани. В экспериментальной группе количество концентрации карбониллов составляет 103 нмоль/г сырой ткани в пищеварительной железе и 166 нмоль/г сырой ткани для жабр, соответственно. В белках контрольной группы более высокая концентрация карбониллов характерна для жаберной ткани, чем для ткани пищеварительной железы, но данное отличие не значительно (Таблица).

Таблица. Концентрация карбониллов в тканях мидии тихоокеанской *Mytilus trossulus* после инкубации с наночастицами оксида меди (CuO, 40 мкг/л)

	контроль	40 мкг/литр
пищеварительная железа	30,8 ± 7,3	103,46 ± 58,5
жабры	35,6 ± 2,6	166,1 ± 34,29

После экспериментальных условий (инкубация с НЧ CuO 40 мкг/л), в исследуемых тканях *M. trossulus*, можно наблюдать большую степень окисления белков, по сравнению с контролем, что свидетельствует о присутствии патологического процесса в клетках жабр и пищеварительной железы. Накопление продуктов окисления белков (карбонильных групп) в жабрах выше, чем в пищеварительной железе (Рис.).



Концентрация карбониллов в тканях мидии тихоокеанской *Mytilus trossulus* после инкубации с наночастицами оксида меди (CuO, 40 мкг/л)

Данный факт, по-видимому, свидетельствует о том, что жабры являются первым органом, через который проходят НЧ оксида меди в связи с способностью мидий к биофильтрации. Поэтому жабры *M. trossulus* в первую очередь подвергаются наибольшему токсическому поражению. Пищеварительная железа является вторым органом в очереди поражения, так как вещества поступают в этот орган только при питании моллюска, через рот, либо же после того, как будут отфильтрованы в гемолимфу через жабры.

Литература

1. Лукьянова О. Н., Черкашин С. А., Симоконов М. В.. Обзор современного экологического состояния залива Петра Великого (2000–2010 гг.) // Экология. Вестник ДВО РАН. 2012. № 2. С. 55-63.
2. Aruoja V., Dubourguier Henri-Ch., Kasemets Kaja., Kahru A. Tootoxicity of nanoparticles of CuO, ZnO and TiO₂ to microalgae *Pseudokirchneriella subcapitata* // Science of the total environment. 2009. Vol. 407. P. 1461–1468.
3. Levine R. L., Wehr N., Williams J. A., Stadtman E. R., Shacter E. Determination of carbonyl groups in oxidized proteins // Methods Mol. Biol. Vol.99. 2000. P. 15-24.
4. Rogers N. J., Franklin N. M., Apte S. C., Batley G. E. The importance of physical and chemical characterization in nanoparticle toxicity studies // Environ. Chem. 2010. Vol. 7. P. 50–60.

ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ

**Ю.В. Шамбарова¹, И.Е. Степочкин², С.П. Захарков¹,
П.А. Салюк¹**

¹ *ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, shambarova@poi.dvo.ru*

² *Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского, г. Владивосток, fizzeq@gmail.com*

Оценка величин первичной продукции (ПП), одного из основных компонентов экосистемы, является важной задачей современной науки. С одной стороны образование органического вещества – первого звена трофической цепи – формирует условия для допустимого извлечения морских биоресурсов, необходимых в жизнедеятельности человека. С другой стороны продуктивность морей и океанов непосредственно связана с изучением влияния парникового эффекта атмосферы на климат.

Растущий интерес к количественной роли океанов в глобальной климатической системе побудило к разработке различных моделей первичной продуктивности. При помощи спутниковых моделей для определения ПП стало возможным наблюдение за пространственно-временной изменчивостью величин ПП в океанических масштабах: от межгодовой к десятилетней изменчивости, и от региональной до глобальной изменчивости параметра. Это главное преимущество спутниковых моделей перед in-situ методами определения и оценки ПП. У глобальных спутниковых моделей есть недостатки, которые связаны с ошибками оценки первичной продукции. Ошибки определяются несовершенствами моделей расчета. Некоторые из этих ошибок, возможно, разрешить разработкой региональных алгоритмов.

Целью данной работы является исследование на основе экспериментальных данных возможности применения VGPM модели (вертикально обобщенной модели первичной продукции) и модели K&I (модель Камеды и Ишизаки), основанных на спутниковых данных для расчета первичной продукции в северо-западной части Японского моря [1, 2].

Район исследования – северо-западная часть Японского моря, с координатами 34°–49° с. ш.; 128°–142° в. д.

Для исследований авторами использованы in-situ и спутниковые данные. In-situ данные включали концентрации хлорофилла-а (КХЛ) и первичной продукции (ПП), полученные эталонными методами, а также температуру поверхности воды (ТПО), интенсивность фотосинтетически активной солнечной радиации (ФАР) на поверхности, эвфотическую глубину, полученные при помощи погружного зонда CTD SeaBird SBE 19plus. Для апробации результатов были использованы открытые данные спутникового сканера цвета морской поверхности MODIS спутника Aqua уровня L3 (данные по КХЛ, ФАР, ТПО, ПП, эвфотической глубине) с регулярной географической сеткой 4 км. Данные за 2014 - 2015 гг. позволили проанализировать величины первичной продукции, полученные на основе спутниковых данных по VGPM модели и модели K&I, и величины, измеренные in-situ.

Оценки ПП имеют решающее значение для понимания многих важных океанических процессов, поэтому крайне важно проводить проверку производительности различных спутниковых моделей ПП, а также выяснять преимущества и недостатки в изучаемой акватории. В ходе работ выявлены недостатки общепринятой модели VGPM и модели K&I для оценки ПП. Сделан вывод о малоприменимости стандартной модели VGPM в исследуемой акватории. Установлено, что необходимо проводить региональную коррекцию спутникового алгоритма КХЛ в прибрежной части северо-западной части Японского моря, основываясь на судовых данных. И необходима верификация и региональная корреляция параметров, входящих в общепринятые модели оценки ПП по спутниковым данным.

Итогом работы стало создание региональной модели оценки ПП в северо-западной части Японского моря. Нами был выбран подход, заключающийся в усовершенствовании и модификации существующей модели для расчета и оценки первичной продукции за счет корректировки входных данных, с использованием in-situ данных, позволяющих понять механизмы формирования ПП в северо-западной части Японского моря. В основу региональной модели для расчета концентрации ПП в северо-западной части Японского моря была положена модель K&I. Значения входящих в нее параметров R_{bopt} , эвфотической глубины и КХЛ (основные характеристики, изменчивость которых вносит региональные особенности в морскую среду) были подобраны таким образом, чтобы разница между модельными значениями ПП и судовыми

была минимальна. Параметры ФАР и длительность фотопериода при этом постоянны. Подбор происходил методом Нелдера-Мида для оптимизации функций нескольких переменных [3]. Используя получившиеся регрессии для пересчета в основной модели, была получена региональная модель для северо-западной части Японского моря.

Результаты, полученные в ходе выполнения проекта актуальны и важны как для получения оценок распределения ПП, так и для усовершенствования дистанционных методов оценки ПП, в изучаемой акватории.

Теоретическая часть работы выполнена при поддержке грантов РФФИ 15-35-21032 мол-а-вед и 16-35-00416 мол-а, практическая часть работы выполнена при частичной поддержке проекта Дальний Восток № 15-1-1-045.

Литература

1. Behrenfeld M. J., Falkowski P. G. Photosynthetic rates derived from satellite-based chlorophyll concentration // *Limnology and Oceanography*. 1997. Т. 42. №. 1. С. 1-20.
2. Kameda T., Ishizaka J. Size-fractionated primary production estimated by a two-phytoplankton community model applicable to ocean color remote sensing // *Journal of Oceanography*. – 2005. – Т. 61. – №. 4. – С. 663-672.
3. Lagarias, J.C., J. A. Reeds, M. H. Wright, and P. E. Wright, "Convergence Properties of the Nelder-Mead Simplex Method in Low Dimensions," *SIAM Journal of Optimization*, Vol. 9 Number 1, pp. 112-147, 1998.

СЕКЦИЯ 4 Информационные технологии, новые методы и технические средства исследования океана

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ИСТОЧНИКА АКУСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ ВЕКТОРНО-ФАЗОВЫМИ МЕТОДАМИ

А.А. Голов, В.В. Безответных

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, golov_alexander@inbox.ru

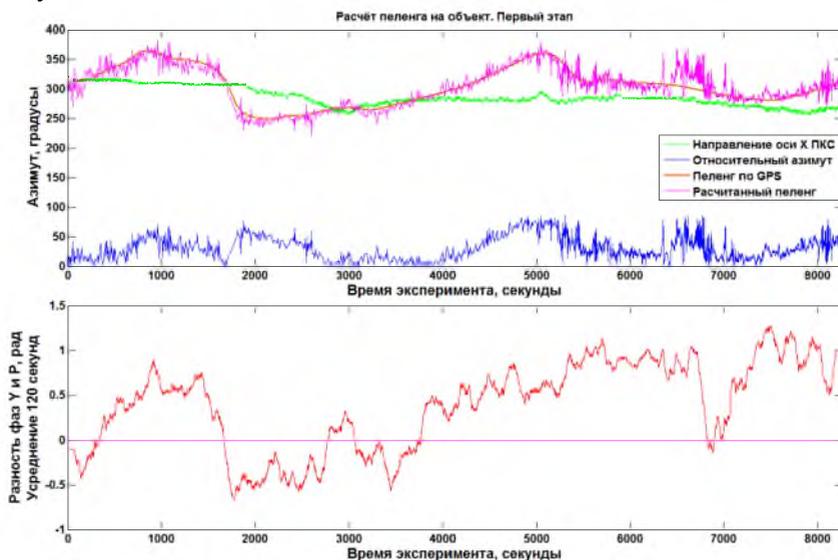
Развитие и совершенствования методов акустического позиционирования подводных объектов является актуальным направлением в современной гидроакустике. В частности поиск решения задачи снижения количества элементов схемы позиционирования. Применение в навигационных схемах комбинированных приёмников является достаточно современным и перспективным решением задачи пассивной пеленгации подводных акустических источников. Основываясь на опыте российских и зарубежных учёных, в отделе технических средств исследования океана, Тихоокеанского океанологического института имени В.И. Ильичёва, был создан программно-аппаратный комплекс на базе комбинированного приёмника способный определять пеленг на подводный источник низкочастотных колебаний.

Разработанный комплекс представляет собой стационарную приёмную якорную систему в состав которой входит: комбинированный приёмник, автономная система регистрации принятых сигналов, датчик положения. Помимо пеленгации комплекс может использоваться для проведения исследований структуры звуковых полей в условиях мелкого моря посредством фиксирования значений звукового давления и трёх ортогональных компонент градиента звукового давления, а также данных о положении системы в пространстве.

Система регистрации представляет собой автономный цифровой блок с записью на SD карту принятых акустических сигналов и информации о положении комплекса в пространстве (глубина, крен, дифферент, направление оси X КП). Записанная информация после извлечения карты преобразуется в стандартные звуковой и текстовый форматы данных. Для проверки точности определения пеленга на источник акустического сигнала

разработанным комплексом в натуральных условиях залива Посъета и бухты Витязь 13-14 июня 2015 г. проведена серия экспериментов на МЭС «м. Шульца» ТОИ ДВО РАН.

Постановка комплекса выполнялась с яхты в заранее определённой точке с определением ее координат по GPS. Для придания вертикального положения оси Z КП, находящегося в клетки-ограждении, клеть закреплялась на жесткой штанге длиной 2 м, которая, в свою очередь, закреплялась на фале с дальнейшей постановкой на груз и притопленную плавучесть. Перед постановкой на глубину конструкция балансировалась у пирса. В качестве источника акустического сигнала применялся буксируемый яхтой низкочастотный электродинамический излучатель. Во время работ применялись два режима излучения: импульсный и непрерывный. Импульсный режим: 4-х секундный тональный сигнал на несущей частоте 134 Гц с последующей 4-секундной паузой. Непрерывный режим: тональный сигнал на несущей частоте 134 Гц.



Результаты расчётов по данным первого этапа измерений. Верхний график - сравнительный анализ значений рассчитанного пеленга на источник сигнала, и определённого по данным GPS; нижний график - изменение во времени разности фаз сигнала (Y-компонента – опорный гидрофон).

Измерения производились в два этапа. На первом этапе излучатель буксировался на акватории б. Витязь по сложной траектории. На втором этапе измерения производились на линейной траектории с удалением до 10 км. Для определения пеленга на источник акустических колебаний рассчитывались уровни сигнала на частоте 134 Гц в каналах X и Y КП. Значение угла азимута относительно оси X КП определялось как арктангенс отношения уровней сигнала Y компоненты к X. Для определения итогового пеленга учитывались направление оси X КП относительно севера, а также разность фаз сигналов, принятых опорным гидрофоном, X и Y компонентами (что устраняет неоднозначность в вычислении пеленга). Результаты расчётов сравнивались с текущими координатами источника, полученными с помощью GPS.

Из рисунка видно, что кривая рассчитанного пеленга полностью ложится на кривую пеленга, вычисленного по данным GPS. Увеличение разброса значений в промежутке 6500 - 7000 секунд связано с низким уровнем сигнала, либо его отсутствием в момент переключения режима излучения. Предварительная оценка результатов проведённых экспериментов показывает, что разработанный комплекс позволяет определять пеленг на источник акустического сигнала с точностью до единиц градусов при отношении сигнал/помеха более 20 дБ. Определение разности фаз между X, Y-компонентами КП и опорным гидрофоном позволяет решить задачу устранения неоднозначности положения источника акустического сигнала в плоскости X-Y КП.

Литература

1. Буренин А.В., Моргунов Ю.Н., Стробыкин Д.С. Экспериментальное исследование возможности применения векторных приёмников в задачах томографии океана// Акустический журнал. – 2007. – Т.53. – № 6. – С. 786–790.
2. Гордиенко В.А., Ильичев В.И., Захаров Л.Н. Векторно-фазовые методы в акустике. – М.:Наука, 1989 г. – 223 с.
3. Каменев С.И., Моргунов Ю.Н., Безответных В.В., Буренин А.В., Войтенко Е.А., Стробыкин Д.С. Экспериментальные исследования угловой структуры звукового поля на шельфе японского моря.
4. Щуров В.А. Векторная акустика океана. Владивосток: Дальнаука, 2003. 307 с.

5. Hawkes M. and Nehorai A. “Wideband source localization using a distributed acoustic vector-sensor array,” IEEE Trans. Signal Processing, vol. 27, no. 3, pp. 628–637, July 2002.
6. Santos P., Felisberto P., and Hursky P., “Source localization with vector sensor array during the makai experiment,” in Proc. of 3rd Inter. Conf. and Exhib. on Underwater Acoustic Measurements: Technologies and Results, Heraklion, Greece, 2007.

СОРБЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СМОЛЫ LEWATIT TP 207 ПО ОТНОШЕНИЮ К АНАЛИТИЧЕСКОМУ КОНЦЕНТРИРОВАНИЮ (СОПРЯЖЕННОМУ И НЕТ С МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИМ С ИНДУКТИВНО СВЯЗАННОЙ ПЛАЗМОЙ ДЕТЕКТИРОВАНИЕМ) ИТТРИЯ И ЛАНТАНОИДОВ ИЗ РАСТВОРОВ МОРСКИХ ВОД

Е.В. Еловский, П. Е. Михайлик

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения
Российской академии наук, г. Владивосток, matri@list.ru*

Иттрий и редкоземельные элементы (РЗЭ) являются важными маркерами гидрогеохимических и геоэкологических процессов протекающих в природных и в частности морских водах. Правильность определения этих элементов наиболее совершенным методом элементного анализа – масс-спектрометрией с индуктивно связанной плазмой (МС ИСП) – главным образом зависит от уровня неспектральных и спектральных интерференций относительно уровня полезного сигнала. Определение Y и РЗЭ в морских водах, содержащихся на уровне от 0,02 нг/л до 500 нг/л (типичное содержание в данном объекте), без использования стадии концентрирования методом традиционной МС ИСП является затрудненным, а в большинстве случаев невозможным. Это происходит в связи с тем, что пробы перед анализом обязательно необходимо разбавлять (избавляться от высоких содержаний растворенных твердых веществ и тем самым от неспектральных помех), а это в свою очередь приводит к тому, что концентрации интересующих нас элементов становятся на уровне или чаще ниже пределов определения. Даже с появлением

возможности прямого анализа морских вод на приборе Agilent 7700х, оснащенный уникальной системой введения растворов с содержанием растворенных солей до 30 г/л, проблема определения У и РЗЭ остается такой же актуальной, поскольку получаемые результаты не пригодны для качественной интерпретации поведения данных элементов в морских акваториях. Целью этого исследования явилась разработка методики определения У и РЗЭ в морских водах без ограничений со стороны их низких содержаний, что понижает интенсивность полезного аналитического сигнала, и со стороны высоких содержаний матричных элементов, что повышает уровень помех (преимущественно неспектральной природы). Объектом для тестирования методики выступили образцы морских вод, характеризующиеся низкими содержаниями У и РЗЭ (от десятков пг/л до десятков нг/л) и высокими содержаниями Na, K, Mg и Ca. Суть методики состояла в адаптации большого авторского накопленного успешного опыта элиминирования спектральных интерференций и химическом разделении на фракции мешающих и определяемых элементов с концентрированием последних. Последний подход использовался как в варианте онлайн работы с масс-спектрометром, так и оффлайн. В качестве сорбента использовалась смола Lewatit TP 207, которая представляет собой стиролдивинилбензолный сополимер с иминодиацетатными функциональными группами ($[-CH_2-N(CH_2COO-)_2]$). Выбор данного сорбента главным образом обусловлен слабокислотным характером групп иминодиуксусной кислоты [1]. Он в свою очередь позволяет управлять сорбционными свойствами смолы, используя только растворы сильных кислот, например азотной, которая является наиболее объективно предпочтительной для метода МС ИСП.

В ходе выполнения работы были получены следующие результаты. 1. Водородный показатель полусорбции У и РЗЭ находится в интервале от 2,2 до 2,4 (со средним значением 2,3) и подчиняется действию эффекта тетрад. 2. При рН выше 3,1 наблюдаемая сорбция У и РЗЭ составляет более 95 %, а при рН ниже 1,7 наблюдаемая десорбция этих элементов также составляет более 95 %. 3. Гранулометрический анализ сухого сорбента показал, что размер зерен смолы находится в интервале от 0,237 до 0,524 мм со средним значением $0,295 \pm 0,027$ мм ($n = 467$). 4.

Раствор 1 М HNO_3 по сравнению с 0,1 М HNO_3 показал лучшую элюирующую способность, выразившуюся в более узком не размытом хроматографическом пике. 5. Количественно определены концентрации Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb и Lu в бланковом 0,0001 М растворе HNO_3 – 50; 98; 104; 15; 56; 23; 10; 25; 6,7; 17; 5,6; 12; 7,2; 20 и 8,2 мкг/л. 6. Проанализированы 16 проб морских вод с точностью достаточной для интерпретации поведения иттрия и редкоземельных элементов в морских акваториях.

Установлено, что сорбционные возможности смолы Lewatit TP 207 таковы, что процессы сорбции Y и РЗЭ и десорбции Na, K, Mg и Ca из растворов природных вод можно развести во времени с процессом десорбции Y и РЗЭ в меньший объем элюента, добиваясь эффекта концентрирования. Правильность получаемых результатов становится функцией времени анализа и чистоты аналитических проб.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 16-35-00005 мол_а.

Литература

1. Sample preparation for trace element analysis. Edited by Mester Z., Sturgeon R. Vol. 41. Amsterdam: Elsevier, 2003. 1286 p.

АПРОБАЦИЯ МЕТОДИК РАСЧЕТА ПРИЛИВА В ЧИСЛЕННОЙ МОДЕЛИ ОКЕАНА ROMS

У.Г. Молданова, И.С. Олейников

*Дальневосточный региональный научно-исследовательский
гидрометеорологический институт, г. Владивосток, ulyana93@mail.ru.
olevnikov@ferhri.ru*

Целью нашей работы является включение составляющей приливных колебаний уровня и течений в расчет модели океана ROMS [1] на сетках различных разрешений с последующей верификацией результатов. Существует два подхода к численному моделированию приливных течений. В общепринятой методике используется возбуждение приливных колебаний на границе региона моделирования, согласно имеющимся гармоническим

постоянным. Второй подход, реализованный в модели ROMS, предполагает включение приливных колебаний в каждом узле модельной сетки. В случае задания приливных колебаний уровня только на границах региона моделирования мы вынужденно игнорируем факт, что приливообразующая сила в реальности действует на всю толщу воды любого возможного региона, а не только на его границу.

Для использования гармонических постоянных на всей акватории моделирования необходимо достаточно большая база данных наблюдений за уровнем океана. В качестве такой базы обычно используется база данных ТРХО [2] различных версий. База ТРХО 7.2 содержит несколько различных вариантов гармонических постоянных в различных разрешениях. Имеется глобальная база, охватывающая весь Земной шар в низком разрешении и региональные базы гармонических постоянных с пространственным разрешением до $1/30^\circ$. При этом гармонические постоянные глобальной базы зачастую не совпадают с константами, имеющимися в региональных. В процессе нашей работы база данных ТРХО была обновлена авторами до новой версии 8.0, покрывающей весь Земной шар с пространственным разрешением $1/30^\circ$. В работе представлены как расчеты с использованием версии 7.2, так и расчеты с использованием базы версии 8.0

В случае использования приливного модуля ROMS включение приливов осуществляется не посредством модификации условий на боковых границах, как для баротропной модели, а как внешняя вынуждающая сила (форсинг) в каждом узле модельной сетки. Для генерации файлов форсинга с учетом приливных колебаний использовался набор инструментов ROMSTOOLS [3]. Использование данного набора инструментов позволяет сформировать файлы, необходимые для запуска модели: файлы расчетной сетки, форсинга, боковых граничных условий. Структура данной библиотеки включает в себя matlab-скрипт `make_tides.m`, который использует в стандарте глобальную базу ТРХО7.2. База данных содержит приливные компоненты по уровню и по U- и V-компонентам скорости в виде приливного эллипса, шаг сетки $1/2^\circ$. Данный скрипт был модифицирован нами для использования более новой версии базы гармонических

постоянных ТРХО 8.0. Версия 7.2 содержит следующие приливные гармоники: M2, S2, N2, K2, K1, O1, P1, Q1, Mf, Mm. Версия 8.0: M2, S2, N2, K2, K1, O1, P1, Q1, M4. Следует обратить внимание на исключение из стандартного набора гармоник месячной и полугодовой частот. Из-за этого при моделировании на длительные интервалы времени следует использовать несколько модификаций наборов гармонических постоянных хотя бы для летних и зимних месяцев.

Проводилось несколько тестов по включению приливной составляющей в расчет модели океана ROMS.

В первом эксперименте использовалась база ТРХО7.2, расчет производился в каждой точке расчетной сетки по всему региону Тихого океана. Приливные течения не использовались, менялся только уровень. Второй эксперимент предполагает использование приливных течений помимо уровня. Третий эксперимент проводился с базой данных гармонических постоянных ТРХО 8.0 с включением только приливно-отливного уровня и течений соответственно.

Верификация полученных результатов моделирования проводилась по данным наблюдений на АБС в Охотском море. Следует отметить, что модуль ROMS не привязана к уровненным измерениям как станций, так и автоматических измерителей, из-за чего возможно производить сравнение только аномалий колебания уровня, а не исходных значений.

Литература

1. Shchepetkin, A.F. and J.C. McWilliams The Regional Ocean Modeling System (ROMS): A split-explicit, free-surface, topography-following coordinates ocean model // Ocean Modelling, vol. 9, issue 4 PP. 347-404, 2005
2. Egbert, G.D., and S.Y. Erofeeva, Efficient inverse modeling of barotropic ocean tides, J. Atmos. Oceanic Technol., 19, 2, p.183-204, 2002
3. Laurent Debreu, Patrick Marchesiello, Pierrick Penven, Gildas Cambon. Two-way nesting in split-explicit ocean models: Algorithms, implementation and validation. Ocean Modelling, Elsevier, 2012, 49-50, pp.1-21.

ОПЕРАТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ, АНАЛИЗ И ВЕРИФИКАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕЧЕНИЙ ПО АКВАТОРИИ ОХОТСКОГО МОРЯ

И.С. Олейников, О.В. Соколов

*Дальневосточный региональный научно-исследовательский
гидрометеорологический институт, г. Владивосток, olevnikov@ferhri.ru*

В докладе отражены результаты, достигнутые в ДВНИГМИ при использовании, модификации и разработке численных моделей океана, средств их анализа и верификации.

Рассматривается численная модель океана ROMS (Региональная океаническая модельная система) как основа для создания оперативной прогностической технологии по региону Охотского моря и для формирования атласа поверхностных течений по регионам Тихого Океана и Охотского моря за 30 лет с 1979 по 2009 г. Также приводятся результаты верификации модельных течений по данным буев-дрифтеров системы ARGOS и автоматических буйковых станций (АБС) в Охотском море.

Оперативная технология включает модели различных пространственных разрешений на вложенных сетках по акваториям Тихого океана и Охотского моря. Акватория северной части Тихого Океана с шагом сетки $1/2^\circ$ ограничена 15° ю.ш. и 65° с.ш. Берингов пролив при моделировании данного региона перекрывается. В качестве граничных условий на боковых границах для акватории северной части Тихого океана используются климатические данные из БД iCOADS [1]; на верхней границе – данные повторного анализа (реанализа) центров NCEP/NCAR [2].

Вложенная сетка содержит акваторию Охотского моря и прилегающих районов Тихого океана с пространственным шагом сетки $4'$. Для региона Охотского моря в качестве боковых граничных и начальных условий используются модельные данные, полученные при расчётах на сетке для северной части Тихого Океана. Вертикальная дискретизация в модели ROMS происходит по уровням с заданными S-координатами, поэтому для облегчения процесса пространственной интерполяции из одной сетки в другую коэффициенты сжатия/растяжения S-координаты в модели ROMS были выбраны одинаковыми для обеих вложенных сеток. Верификация результатов моделирования проводилась по данным

30-летнего модельного расчета по акватории Охотского моря и включала в себя как верификацию данных температуры и солености в поверхностном слое, так и скоростей модельных течений на поверхности по данным дрейфующих буев системы ARGOS с подводным парусом. Верификация скалярных полей производилась по отдельным регионам Охотского моря, что обусловлено наличием существенных различий в гидрологическом режиме этих акваторий: Магаданский шельф, Камчатский шельф, северо-восточный шельф о. Сахалин, юго-восточный шельф о. Сахалин и центральная часть Охотского моря. Данные модели ROMS, запущенной на период с 1979 по 2009 г., были усреднены помесячно для каждой точки расчетной сетки в выбранных регионах и затем в пределах каждого региона было произведено сравнение с аналогично подготовленными данными наблюдений по соответствующим акваториям. Результаты верификации поверхностной температуры для отдельных месяцев приведены в таблице.

Таблица. Результаты верификации модели ROMS по акватории Охотского моря по данным о температуре поверхностного слоя.

Регион	Средняя ошибка в августе, С°	Средняя ошибка в апреле, С°
Магаданский шельф	4,7	2,3
Центральная часть Охотского моря	3,7	3,5
Камчатский шельф	3,9	1,1
Северо-восточный шельф о. Сахалин	2,4	1,4
Юго-восточный шельф о. Сахалин	1,7	0,9

Также верификация проводилась для отдельных узлов сетки, в которых имелись исторические данные температуры и солёности достаточной для получения статистических оценок длины. Для таких узлов строились графики годового хода температуры и солености в поверхностном слое. Верификация течений по данным дрейфующих буев системы ARGOS производилась эйлеровым и лагранжевым методами по траекториям дрейфа буев. Для сравнения векторов модельных течений и векторов движения буев-

дрифтеров методом Эйлера была произведена интерполяция поля модельных течений в точки местоположения буюв-дрифтеров и произведено сравнение направления и скорости движения буюв с направлением и скоростью модельных течений в точке буюв. Среднее отклонение направления движения буюв от направления модельных течений при прогнозе на 1 час составило 64° , Средняя разность скорости буюв и скорости течения в точке буюв $0,2$ м/с. Полученные по методу Эйлера оценки, указывают на необходимость помимо течений брать в расчет корректировку на ветер. В дальнейших сравнениях в качестве данных о ветре использовались данные анализа GFS за соответствующий период дрейфа буюв.

В рамках верификации течений методом Лагранжа было произведено несколько экспериментов, в ходе которых производилось моделирование движение буюв без учета ветра, с учетом ветра и с учетом линейной комбинации воздействий ветра и течений на дрейфующий буюв. Полученные результаты показали, что при отсутствии ветрового воздействия перемещение буюв-дрифтеров описывается значительно хуже. Однако, при использовании линейной комбинации течений и ветра среднее расхождение между положением модельного и реального буюв-дрифтера за 7 суток составило 26 км. При этом полученная форма траекторий буюв без учёта ветра в целом подобна форме реальной траектории движения.

Литература

1. Данные электронной БД iCOADS // Data by NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA. Web site at <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>
2. Данные реанализа NCEP-DOE Reanalysis 2 // <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis2.html>

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОДОЛАЗНЫХ ПОГРУЖЕНИЙ НА ПИКОВЫЕ ЧАСТОТЫ СВИСТЯЩИХ ЗВУКОВ ФОРСИРОВАННОГО ВЫДОХА

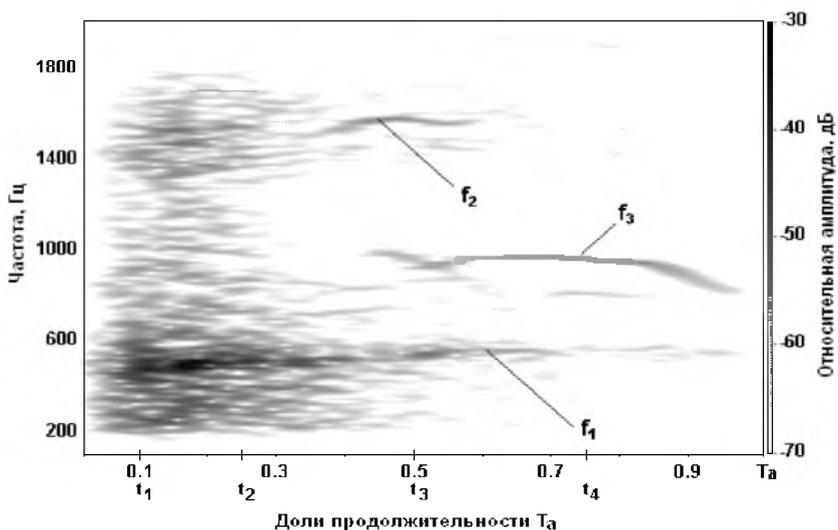
М.А. Сафронова, В.В. Малаева, В.И. Коренбаум

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, saf-m@poi.dvo.ru

Проблема контроля состояния вентиляционной функции легких при водолазных погружениях остается актуальной во многих практических аспектах. Это связано с тем, что водолазная деятельность оказывает целый ряд негативных факторов на дыхательную систему человека.

В медицине для выявления нарушений бронхиальной проходимости используют маневр форсированного выдоха (ФВ). В работе [1] проведен анализ продолжительности шумов ФВ водолазов до и после погружений, который показал перспективность в оценке состояния вентиляционной функции легких у водолазов, использующих кислородные аппараты замкнутого типа ИДА-71. При ФВ возникают свистящие звуки (СФВ), которые обладают определенным диагностическим потенциалом. Различают среднечастотные (400-600 Гц), ранние высокочастотные (выше 600 Гц, наблюдаемые в первой половине ФВ) и поздние высокочастотные (выше 600 Гц, наблюдаемые во второй половине ФВ) СФВ. В нашем исследовании выполнена оценка динамики пиковых частот свистящих звуков ФВ после одиночного водолазного погружения.

Экспериментальная выборка состояла из 6 водолазов в возрасте 23-27 лет. Водолазы совершали одиночные погружения на глубины до 8 м, в дыхательном снаряжении замкнутого типа Amphora (Aqua Lung). Время погружения от 30 до 80 мин. Для регистрации шумов ФВ использовался аппаратно-программный комплекс, включавший в себя акустический датчик, подключенный к микрофонному входу выносной звуковой карты персонального компьютера [2]. Сидящему добровольцу на переднебоковую стенку шеи устанавливали акустический датчик, накладывался носовой зажим. Доброволец выполнял маневры ФВ. На спектрограмме в пакете программ SpectraLab (Sound Tech. Inc.) выделялись СФВ и их пиковые частоты определялись на фиксированных временных участках, соответствующих $t_1 = 0.1T_a$, $t_2 = 0.25T_a$, $t_3 = 0.5T_a$, $t_4 = 0.75T_a$ (T_a – продолжительность трахеальных шумов ФВ).



Спектрограмма трахеальных шумов форсированного выдоха обследуемого Н.: f_1 – дорожка среднечастотных СФВ в полосе 400 – 600 Гц на; f_2 – дорожка ранних высокочастотных СФВ (более 600 Гц); f_3 – дорожка поздних высокочастотных СФВ (более 600 Гц)

Была произведена оценка реакции пиковой частоты наиболее мощных трахеальных СФВ водолазов на погружение.

По всем попыткам ФВ (3-5 попыток), выполненным каждым обследуемым рассчитывались среднее (M) и стандартное отклонение (SD), внутрииндивидуальный коэффициент вариации CV вычислялся по формуле $(SD/M)*100$. Затем выполнялось осреднение коэффициента вариации по всей выборке водолазов.

С помощью теста Манна-Уитни в пакете Statistica (StatSoft Inc.) оценивалась значимость групповой динамики пиковых частот СФВ после погружения.

Полученные коэффициенты вариации свидетельствуют о достаточно низкой вариабельности пиковых частот СФВ как до, так и после погружения. Однако групповые различия между пиковыми частотами СФВ до и после погружения оказались статистически незначимыми ($p > 0,3$). Таким образом, выявить с помощью этих акустических параметров значимую групповую динамику на одиночное водолазное погружение не удалось.

Таблица. Осредненные по выборке внутригрупповые коэффициенты вариации пиковых частот СФВ, %

	ДО ПОГРУЖЕНИЯ			ПОСЛЕ ПОГРУЖЕНИЯ		
	СЧ СФВ	Ранние СФВ	Поздние СФВ	СЧ СФВ	Ранние СФВ	Поздние СФВ
$t_1=0,1T_a$ (МOC ₂₅)	5,6	2,5	-	6,4	6,1	-
$t_2=0,25T_a$ (МOC ₅₀)	8,3	4	-	7,7	7,8	-
$t_3=0,5T_a$ (МOC ₇₅)	7	-	4,9	6,7	5,7	8,5
$t_4=0,75T_a$	-	-	8,8	-	-	13

Данный результат согласуется с исследованием [1], в котором групповая динамика продолжительности шумов ФВ у водолазов на одиночное погружение не была выявлена, однако была обнаружена значимая индивидуальная динамика. Вполне вероятно, что с помощью пиковых частот СФВ также может быть выявлена индивидуальная динамика на погружение. Дальнейшие исследования на более репрезентативной выборке должны прояснить этот вопрос.

Литература

1. Почкутова И.А., Коренбаум В.И. Акустическая оценка влияния одиночного погружения в водолазном снаряжении закрытого типа на вентиляционную функцию легких // Физиология человека. 2011. Т.37. №3. С. 76-82.
2. Коренбаум В.И., Тагильцев А.А., Костив А.Е., Горовой С.В., Почкутова И.А., Бондарь Г.Н. Акустическая аппаратура для исследования дыхательных звуков человека // Приборы и техника эксперимента. 2008. Т.51, №2, С.147-154.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО МОДЕЛИРОВАНИЮ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АКВАТОРИИ ЯПОНСКОГО МОРЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧИСЛЕННОЙ МОДЕЛИ «РОМ»

П.О. Харламов, И.С. Олейников

*Дальневосточный региональный научно-исследовательский
гидрометеорологический институт, г. Владивосток,
RinceWND@yandex.ru*

Целью работы является получение модели течений и уровня, настроенной на акваторию Японского моря. В качестве базовой модели выбрана Принстонская модель океана – РОМ. Для реализации поставленной цели потребовалось сформировать расчётную сетку региона, провести ряд экспериментов с использованием климатических начальных и граничных условий, провести верификацию полученных результатов и затем перейти к моделированию изменений вышеназванных параметров по данным атмосферного реанализа на свободной поверхности и данным модели ROMS на боковых границах региона моделирования.

Гидродинамическая принстонская модель океана разработана Дж. Мэллором и А. Бламбергом в 1977 г. В качестве вертикальной дискретизации в модели используются сигма-координаты. Горизонтальная сетка модели принадлежит типу сеток Аракава-С. В данной работе за основу взят код модели 2008 года (rom08). Дополнительный алгоритм, поставляемый разработчиками, но не включённый в саму модель, позволяет генерировать криволинейную расчётную сетку. В этом случае задаются лишь несколько граничных точек – все остальные узлы сетки интерполируются. С помощью этого алгоритма сетка сформирована так, чтобы границы её как можно ближе подходили к проливам Японского моря.

За основу батиметрии взяты данные ETOPO2 [1], сглаженные фильтром глубокого океана, избирательным фильтром на логарифм глубины и фильтром Ханна, портированными из пакета препроцессинга данных для модели ROMS (Roms_tools), написанного для среды Matlab.

По известным оценкам расходов воды через проливы [3] и модельным площадям каждого из этих проливов рассчитаны средние нормальные (к модельному сечению пролива) компоненты

скорости течения с сохранением баланса объёма. Также получены вертикальные распределения этих скоростей с целью грубой имитации процесса передачи момента импульса в океан.

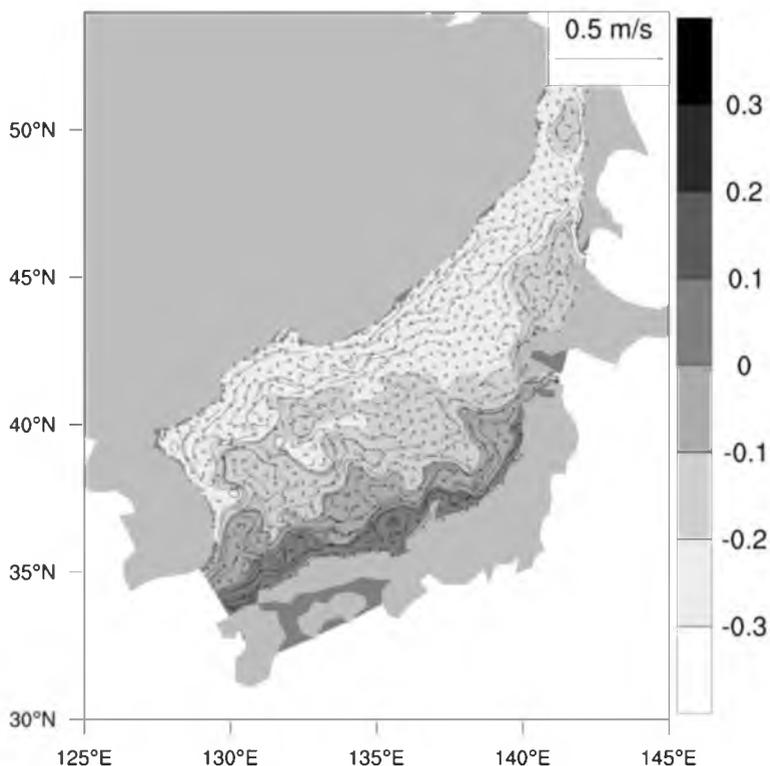


Схема поверхностных течений и уровень моря (м) на 90-е сутки эксперимента.

Для проверки устойчивости модели подготовлены и проведены четыре эксперимента длительностью 90 модельных суток для «центральных месяцев» сезонов года (февраль, май, август, ноябрь) на климатических данных [2, 4, 5] с неизменными граничными условиями. Результаты продемонстрировали устойчивость модели и схожесть с существующими климатическими схемами.

Проведён эксперимент длительностью 365 модельных суток (от 1 января) с изменяющимся ежемесячно (резко, без интерполяции) полем ветра. В дальнейшем необходимо будет пересмотреть граничные условия во избежание «искусственной встряски» модели при каждой смене граничных условий. Также планируется производить расчет модели на 30 лет по данным атмосферного реанализа на верхней границе и модели HYCOM в проливах.

Литература

1. 2-Minute Gridded Global Relief Data (ETOPO2v2), June, 2006 — World Data Service for Geophysics, Boulder (<http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/etopo2.html>).
2. International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set, ICOADS data provided by the NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/>).
3. Kyung-Ae Park et al., «Oceanography of the East Sea (Japan Sea)», 2016 — doi: 10.1007/978-3-319-22720-7.
4. Locarnini, R. A., A. V. Mishonov, J. I. Antonov, T. P. Boyer, H. E. Garcia, O. K. Baranova, M. M. Zweng, C. R. Paver, J. R. Reagan, D. R. Johnson, M. Hamilton, and D. Seidov, 2013. World Ocean Atlas 2013, Volume 1: Temperature. S. Levitus, Ed., A. Mishonov Technical Ed.; NOAA Atlas NESDIS 73, 40 pp.
5. Zweng, M.M., J.R. Reagan, J.I. Antonov, R.A. Locarnini, A.V. Mishonov, T.P. Boyer, H.E. Garcia, O.K. Baranova, D.R. Johnson, D. Seidov, M.M. Biddle, 2013. World Ocean Atlas 2013, Volume 2: Salinity. S. Levitus, Ed., A. Mishonov Technical Ed.; NOAA Atlas NESDIS 74, 39 pp.

ОПЫТ КОНТРОЛЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ВОДОЛАЗА ПО GPS

В.И. Коренбаум¹, А.Е. Костив¹, А.Д. Шипяев¹, С.В. Горовой^{1,2}

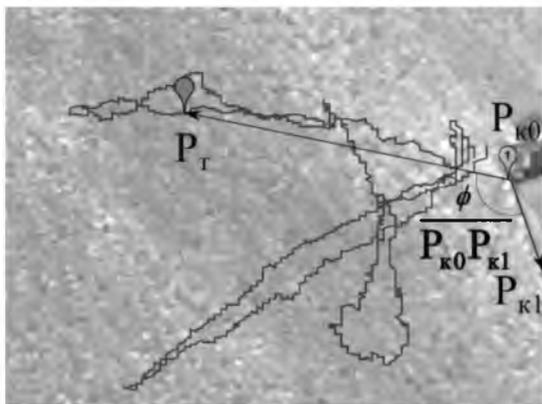
¹ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, y-kor@poi.dvo.ru

²Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, gorovovsv@mail.ru

Вопросы контроля местоположения водолаза в пределах акватории являются важной задачей для контроля выполнения планируемых работ и организации при необходимости успешной спасательной операции [1, 2]. В данном докладе представлен опыт

абсолютной оценки координат водолаза с помощью буксируемого водолазом поплавка с GPS-логгером.

Поплавок содержит стандартный GPS-логгер (Holux M241) установленный внутри 5 л бутылки, обеспечивающей плавучесть и защищающей логгер от проникновения воды. Записанные данные визуализируются в open source программе SAS.Planet. Она позволяет просматривать карту интересующей нас области путем скачивания ее космоснимков, которые и будут отображены для просмотра. Также программа позволяет отображать географические местоположения точек зафиксированных по GPS (широта, долгота), при этом точки могут быть отображены в виде отдельных точек или в виде последовательности точек (трека) соответствующих некоторому событию. В качестве базы космоснимков могут быть использованы различные базы, например базы Яндексa, Google, Bing и д.р.



Космоснимок бухты Иванцова по базам Яндекс.Спутник (масштаб z19) с наложенным изображением трассы движения GPS Logger M-241.

При задаче спасения водолаза расположенного в точке P_T с наблюдательного пункта P_{K0} на пирсе могут быть актуальны как географические координаты (широта, долгота), так и относительные расстояние между наблюдательным пунктом и водолазом и пеленг ϕ относительно пирса (рисунок). Небольшие участки Земли можно считать локально плоскими, чем мы и воспользуемся, программа SAS.Planet может показывать имеющийся координаты в двух представлениях: широте, долготе и

в пикселях космоснимков (тайлов). Таким образом, от сферической системы координат мы переходим к двумерной декартовой, координаты в которой выражены пикселями тайла. Стоит отметить, что система координат пикселей являются общей для всех тайлов. Перед погружением водолаза по тому же GPS-логгеру можно зафиксировать геоточку наблюдательного пункта $P_{к0}$ и геоточку $P_{к1}$, расположенную на пирсе, получив направляющий вектор $\overline{P_{к0}P_{к1}}$. Таким образом, во время погружения для геоточки-обозначающей положение водолаза (P_T) угол ϕ указывающий пеленг относительно пирса, можно выразить следующей формулой:

$$\phi = \text{ArcCos} \left[\frac{\left(\overline{P_{к0}P_T} \cdot \overline{P_{к0}P_{к1}} \right)}{\left| \overline{P_{к0}P_T} \right| \cdot \left| \overline{P_{к0}P_{к1}} \right|} \right]$$

Удаление водолаза (P_T) от наблюдательного пункта ($P_{к0}$) можно найти как модуль вектора $\overline{P_{к0}P_T}$:

$$\left| \overline{P_{к0}P_T} \right| = \sqrt{(x_T - x_{к0})^2 + (y_T - y_{к0})^2}$$

Для оценки точности полученных данных с помощью нестандартной прошивки так же регистрировался параметр HDOP, коэффициент снижения точности в горизонтальной плоскости. В результате, оказалось, что коэффициент не превышал значение 1-2, что соответствует точности 2.5-5 м.

Таким образом, получен успешный опыт позиционирования водолаза по GPS, как по географическим, так и по относительным координатам.

Следует отметить, что GPS логгер не передает свои координаты в режиме реального времени, а записывает данные на внутреннюю память. Таким образом, реконструкция трека пройденного водолазом в данном эксперименте осуществлялась уже после того как водолаз выходил на сушу. Для создания аппаратуры осуществляющей передачу местоположения водолаза по GPS в режиме реального времени может быть использовано решение, предложенное в работе [3].

Литература

1. В. И. Коренбаум, С. В. Горовой, А. Е. Бородин и др. Экспериментальные исследования возможности обнаружения дыхательных шумов легководолазов // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*, 2015. Т. 8, № 4.
2. В. И. Коренбаум, С. В. Горовой, А. А. Тагильцев и др. Возможность пассивного акустического мониторинга легководолаза // *Доклады академии наук*, 2016, том 466, № 5, с. 602–606.
3. Патент РФ № 95490 на полезную модель «Телеметрическая система контроля состояния водолаза» / Костив А.Е., Коренбаум В.И., Тагильцев А.А., Градобоев В.Н. Заявл. 30.03.2010. Опубл. 10.07.2010, Бюл. №19.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ, ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА АКУСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Т.Д. Юнаева

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, tanva.vunaeva@mail.ru

В Лаборатории акустической океанографии Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева ДВО РАН более десяти лет проводятся исследования областей пузырьковой разгрузки метана (газовых факелов), обнаруженных в морях Дальнего Востока и российского сектора Арктики [2 - 4]. В ходе проведенных работ было выполнено более 2500 регистраций газовых факелов. Все накопленные данные сводились в электронные таблицы MS Excel. Такой способ хранения информации является надежным для накопления данных, однако не позволяет проводить аналитическую работу с хранящимися в таблицах данными. Поэтому разработка информационной системы, способной представлять хранящуюся в ней информацию в удобной для интерпретации и статистической обработки форме является актуальной задачей.

Целью данной работы является создание информационной системы, позволяющей накапливать, систематизировать, хранить и анализировать информацию о пространственно-временной изменчивости газовых факелов (ГФ) и проводить статистическую обработку накопленных данных.

Разрабатываемая информационная система (ИС) должна удовлетворять следующим требованиям: программа должна включать в себя данные о прошедших экспедициях. В ИС должна быть реализована возможность добавления и редактирования данных, программа должна обладать фильтрами, позволяющими выделить из всей информации, хранящейся в ИС, интересующую нас часть. ИС должна иметь возможность интегрировать в себя различные программные модули.

На данном этапе работы была выполнена разработка структуры новой ИС, создана база данных газовых факелов, сконструированы формы интерфейса ИС, необходимые для просмотра и редактирования данных о ГФ. Разработанное приложение позволит провести оптимизацию полученных ранее данных, получить новые научные данные о пространственном распределении ГФ и другую статистическую информацию.



Структурная схема разрабатываемой ИС

Литература

1. Зоненшайн Л.П. Газовый источник на дне Охотского моря // Природа. 1987. № 8. С. 53-57.
2. Саломатин А.С., Юсупов В.И. Акустические исследования газовых “факелов” Охотского моря // Океанология. 2011. Т. 51. № 5. С. 911–919.
3. Саломатин А.С., Юсупов В.И., Ли Б.Я., Черных Д.В., Верещагина О.Ф. Гидроакустические средства мониторинга эманаций донных газов //

Океанологические исследования дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана: в 2 кн. Владивосток. 2013. Кн. 2. С. 229 - 240.

4. Сергиенко В.И., Лобковский Л.И., Семилетов И.П., Дударев О.В., Дмитриевский Н.Н., Шахова Н.Е., Романовский Н.Н., Космач Д.А., Никольский Д.Н., Никифоров С.Л., Саломатин А.С., Ананьев Р.А., Росляков А.Г., Салюк А.Н., Карнаух В.Н., Черных Д.Б., Тумской В.Е., Юсупов В.И., Куриленко А.В., Чувилин Е.М., Буханов Б.А. Деграация подводной мерзлоты и разрушение гидратов шельфа морей Восточной Арктики как возможная причина «метановой катастрофы»: некоторые результаты комплексных исследований 2011 года // Доклады Академии наук. 2012. Т. 446. № 3. С. 330 – 335.

5. Юнаева Т.Д. Проект информационной системы «Газовые факелы» // 63-я международная молодежная научно-техническая конференция «Молодежь. Наука. Инновации», Владивосток 2015

ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалы VII конференции молодых ученых

Владивосток, 16 – 20 мая 2016 г.

Отпечатано с оригинал-макета,
подготовленного *Е.А. Янченко*,
минуя редподготовку в Дальнауке

Подписано к печати 11.04.2016
Печать офсетная. Формат 60х90/16
Бумага офсетная. Усл. п. л. 14,25. Уч.-изд. л. 13,45
Тираж 140 экз. Заказ 38

ФГУП «Издательство Дальнаука»
690041, г. Владивосток, ул. Радио, 7
Тел. 231-23-59. E-mail: dalnauka@mail.ru
Http: www.dalnauka.ru

Отпечатано в Информационно-полиграфическом хозрасчетном центре
ТИГ ДВО РАН
690041, г. Владивосток, ул. Радио, 7