X Международная научно-практическая конференция

«Морские исследования и образование»

X International conference

«Marine Research and Education»

MARESEDU-2021

ТРУДЫ КОНФЕРЕНЦИИ / CONFERENCE PROCEEDINGS

Том III (III) / Volume III (III)

25-29 октября 2021г.

УДК [551.46+574.5](063)

ББК 26.221я431+26.38я431+28.082.40я431

Т78

Труды X Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2021)» Том III (III): [сборник]. Тверь: ООО «ПолиПРЕСС», 2021, 458 с.: ISBN 978-5-6047776-1-9.

Сборник «Труды X Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2021)» представляет собой книгу тезисов докладов участников конференции, состоящую из трех томов. Сборник включает в себя главы, соответствующие основным секциям технической программы конференции: океанология, гидрология, морская геология, морская биология, геофизические исследования на акваториях, рациональное природопользование и подводное культурное наследие. Помимо основных секций на конференции были представлены секция научно-популярных фильмов и круглый стол "Плавучие университеты России: новый виток развития", отдельный день работы конференции был отведен под международные сессии с участием ведущих иностранных ученых из Англии, Бельгии, Шотландии, США.

Все тезисы представлены в редакции авторов.

В рамках конференции участники обсудили состояние и перспективы развития комплексных исследований Мирового океана, шельфовых морей и крупнейших озер, актуальные проблемы рационального природопользования и сохранения биоразнообразия в водных пространствах, проблемы освоения ресурсов континентального шельфа, достижения науки в области морской геологии, современные подходы к исследованиям обширных акваторий дистанционными методами, проблемы устойчивого развития экосистем моря и прибрежной зоны, организацию и проведение комплексных экспедиционных исследований, преподавание «морских дисциплин», вопросы организации полевых практик студентов.

Подготовлено к выпуску издательством ООО «ПолиПРЕСС» по заказу ООО «Центр морских исследований МГУ имени М.В. Ломоносова».

ООО «ПолиПРЕСС»

170041, Россия, г. Тверь, Комсомольский пр-т, д. 7, пом. II polypress@yandex.ru

ООО «Центр морских исследований МГУ имени М.В. Ломоносова».

РФ, 119234, г. Москва, ул. Ленинские Горы, д. 1, стр. 77

(495) 648-65-58/ 930-80-58

Все права на издание принадлежат ООО «Центр морских исследований МГУ имени М.В. Ломоносова».

© ООО «Центр морских исследований МГУ имени М.В. Ломоносова», 2021
© ООО «ПолиПРЕСС»

Центр морских исследований МГУ имени М.В. Ломоносова и Учебно-научный Центр ЮНЕСКО-МГУ по морской геологии и геофизике 25-29 октября 2021 года провели X Юбилейную международную научно-практическую конференцию «Морские исследования и образование (MARESEDU – 2021)».

Конференция прошла при поддержке Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Беломорской биологической станции им. Н. А. Перцова, а также геологического, географического и биологического факультетов МГУ имени М.В. Ломоносова.

В рамках конференции 2021 года традиционно обсудили состояние и перспективы развития комплексных исследований Мирового океана, актуальные проблемы рационального природопользования и сохранения биоразнообразия в водных пространствах, освоения ресурсов континентального шельфа и дна Мирового океана, достижения науки в области морской геологоразведки и экомониторинга, современные методические подходы к исследованию обширных акваторий различными методами, проблемы устойчивого развития экосистем моря и прибрежной зоны, организации и проведения комплексных экспедиционных исследований с участием студентов, проблемы преподавания «морских дисциплин», а также вопросы организации полевых практик студентов.

Среди главных целей конференции — информационный обмен и координация усилий научного и университет-ского сообществ в организации междисциплинарных морских исследований и интеграции практических работ с обра-зованием в мореведении.

ОРГАНИЗАТОРЫ

Центр морских исследований МГУ имени М.В. Ломоносова;
Учебно-Научный Центр ЮНЕСКО-МГУ по морской геологии и геофизике;
Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН;
Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова;
Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова;
Биологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова.
Беломорская биологическая станция имени Н. А. Перцова

КООРДИНАТОР

Центр морских исследований
МГУ имени М.В. Ломоносова

119234, Россия, г. Москва,
ул. Ленинские горы, 1-77
Научный парк МГУ, офис 402
w.: www.marine-rc.ru

ПАРТНЕРЫ

ПАО «НК «Роснефть»

НПО «Система»

Россотрудничество

СПОНСОР

ASOC (Antarctic and Southern Ocean Coalition)

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

ЛОБКОВСКИЙ ЛЕОПОЛЬД ИСАЕВИЧ (председатель организационного комитета)	Академик РАН, Научный руководитель Геологического направления Института океанологии им. П. П Ширшова РАН, д.ф.-м.н.
КИРПИЧНИКОВ МИХАИЛ ПЕТРОВИЧ (сопредседатель организационного комитета)	Академик РАН, декан Биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, д.б.н., профессор
ПУЩАРОВСКИЙ ДМИТРИЙ ЮРЬЕВИЧ (сопредседатель организационного комитета)	Академик РАН, декан Геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, д.г.-м.н., профессор
ДОБРОЛЮБОВ СЕРГЕЙ АНАТОЛЬЕВИЧ (сопредседатель организационного комитета)	Член-корреспондент РАН, декан Географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, д.г.н., профессор

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

ТОКАРЕВ МИХАИЛ ЮРЬЕВИЧ (председатель)	Заместитель декана Геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, к.т.н.
АХМАНОВ ГРИГОРИЙ ГЕОРГИЕВИЧ (сопредседатель)	Доцент, руководитель кафедры ЮНЕСКО по морской геологии и геофизике, директор Учебно-научного Центра ЮНЕСКО-МГУ по морской геологии и геофизике при геологическом факультете, к.г.-м.н.
ДЕМИДОВ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ (сопредседатель)	Доцент, с.н.с. кафедры океанологии Географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, к.г.н.
СУБЕТТО ДМИТРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ (сопредседатель)	Декан Факультета географии, заведующий кафедрой физической географии и природопользования РГПУ имени А.И. Герцена, ведущий научный сотрудник Института водных проблем Севера Карельского научного центра РАН, д.г.н.
ЦЕТЛИН АЛЕКСАНДР БОРИСОВИЧ (сопредседатель)	Директор Беломорской биологической станции имени Н.А. Перцова, профессор биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, д.б.н.
ДЕМИДЕНКО НИКОЛАЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ	Старший научный сотрудник Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, к.г.н.
КРАШЕНИННИКОВА СВЕТЛАНА БОРИСОВНА	Старший научный сотрудник Федерального исследовательского центра «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН», к.г.н.
МОКИЕВСКИЙ ВАДИМ ОЛЕГОВИЧ	Заведующий лабораторией экологии прибрежных донных сообществ Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, д.б.н.
НОВИГАТСКИЙ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ	Заведующий Аналитической лаборатории Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, к.г.-м.н.
РЫБАЛКО АЛЕКСАНДР ЕВМЕНЬЕВИЧ	Профессор кафедры геоморфологии СПбГУ, в.н.с. ФГБУ «ВНИИОкеангеология», главный геолог ООО «Морской центр», д.г.-м.н.
ФАЗЛУЛЛИН СЕРГЕЙ МАРАТОВИЧ	Президент Конфедерации подводной деятельности России, доцент кафедры музеологии РГГУ, Член-корреспондент РАЕН, к.г.н.
ШАБАЛИН НИКОЛАЙ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ	Исполнительный директор Центра морских исследований МГУ имени М.В. Ломоносова, к.б.н.
ШЕВЧЕНКО ВЛАДИМИР ПЕТРОВИЧ	Заместитель директора по Геологическому направлению Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, к.г.-м.н.

Том III (III) / Volume III (III)

Оглавление / Contents

Программа конференции / Conference Programme

Тезисы / Abstracts

Морская геология. Устные доклады

10 ЛЕТ СЕКЦИИ «МОРСКАЯ ГЕОЛОГИЯ» НА MARESEDU: РЕТРОСПЕКТИВА
Рыбалко А.Е., Ахманов Г.Г. 16

ОСОБЕННОСТИ СБРОСООБРАЗОВАНИЯ В ПРЕДЕЛАХ ТРАНСФОРМНОЙ ЗОНЫ ТЬЁРНЕС (ПО ДАННЫМ МОРФОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА)
Боголюбский В.А., Дубинин Е.П. 21

СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДЕФОРМАЦИИ, СВЯЗАННЫЕ С СЕРИЕЙ СИЛЬНЕЙШИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ЧИЛИЙСКОЙ ЗОНЫ СУБДУКЦИИ В НАЧАЛЕ XXI В.
Владимирова И.С, Габсатаров Ю.В., Лобковский Л.И. 26

ОПЕРАТИВНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ УЧАСТКА РАСПОЛОЖЕНИЯ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНА ДАШЛЫ В АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ АКВАТОРИИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ
Якимчук Н.А., Корчагин И.Н.. 30

ТРЕЩИНОВАТОСТЬ ГЕРАКЛЕЙСКОГО ПЛАТО (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ): СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И КОМПЛЕКСНЫЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
Косевич Н.И., Крылов О.В., Лубнина Н.В., Брянцева Г.В., Владов М.Л., Модин И.Н., Паленов А.Ю., Скобелев А.Д.. 34

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МОЗАМБИКСКОГО ХРЕБТА (ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ)
Толстова А.И., Дубинин Е.П., Грохольский А.Л. 38

ПОДНЯТИЯ АЙЛОС ОРКАДАС И МЕТЕОР: АНАЛИЗ СТРУКТУР ПО ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ
Рыжова Д.А., Коснырева М.В., Дубинин Е.П., Булычев А.А. 43

ПОДВОДНЫЕ ВУЛКАНЫ СЕВЕРО-ИТУРУПСКОЙ ГРУППЫ (КУРИЛЬСКАЯ ОСТРОВНАЯ ДУГА)
Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Долгаль А.С., Новикова П.Н., Петрова В.В., Пилипенко О.В., Рашидов В.А., Трусов А.А. 46

КРИОЛИТОЗОНА ВНЕШНЕГО ШЕЛЬФА ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ И ЕЕ СВЯЗЬ С ВУЛКАНОГЕННЫМИ ЯВЛЕНИЯМИ
Гаврилов А.В., Малахова В.В., Пижанкова Е.И., Попова А.А. 51

КРИОЛИТОЗОНА АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА И ПРИЛЕГАЮЩЕЙ СУШИ КАК СВИДЕТЕЛЬ ЧЕТВЕРТИЧНОЙ ИСТОРИИ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ
Шполянская Н.А.. 55

НОВЫЙ ВАРИАНТ КАРТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ В ПРЕДЕЛАХ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ
Рыбалко А.Е.1,2,4, Щербаков В.А., Захаров М.С., Иванова В.В., Карташев А.Ю.,Исаева О.И., Локтев, А.С., Беляев П.Ю., Токарев М.Ю., Терехина Я.Е., Миронюк С.Г.. 59

ЛИТОЛОГИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА КАК ОТРАЖЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЕГО РАЗВИТИЯ В ПОЗДНЕ-ПОСЛЕЛЕДНИКОВОЕ ВРЕМЯ
Рыбалко А.Е., Субетто Д.А., Страховенко В.Д., Беляев П.Ю., Белкина Н.А., Токарев М.Ю., Савельева Л.А., Федоров Г.Б., Корост С.В., Барымова А.А. 63

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ПИНГОПОДОБНЫХ ФОРМ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО МАТЕРИАЛАМ 38-ГО И 41-ГО РЕЙСОВ НИС «АКАДЕМИК НИКОЛАЙ СТРАХОВ»)
Кохан А. В., Денисова А.П., Мороз Е. А., Сухих Е.А., Зарайская Ю.А., Разумовский А.А 68

РЕЗУЛЬТАТЫ СУДОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ МЕТАНА НАД СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКОЙ И ПРИЛЕГАЮЩЕЙ АРКТИКОЙ ЛЕТОМ 2020 Г.
Новигатский А.Н., Беликов И.Б., Белоусов В.А., Скороход А.И., Клювиткин А.А. 72

МОДЕЛИРОВАНИЕ МИС2, МИС3 И МИС4 ЛЕДОВЫХ ПОТОКОВ ЕВРАЗИЙСКОГО ЛЕДНИКОВОГО ЩИТА В СЕКТОРЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ: ВРЕМЕННЫЕ РАЗЛИЧИЯ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ
Кашдан А.И., Шейнкман В.С., Парначев В.П.. 76

РЕЗУЛЬТАТЫ ГАЗО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДОННЫХ ОСАДКОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ И СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО МАТЕРИАЛАМ ЭКСПЕДИЦИЙ TTR-19 и TTR-20)
Видищева О.Н., Ахманов Г.Г., Соловьева М.А., Полудеткина Е.Н., Манько И.Э. 80

КРИОГЕННЫЕ ГИДРАТЫ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА ГЛЯЦИАЛЬНЫХ ПЕРИГЛЯЦИАЛЬНЫХ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОКРАИНАХ
Друщиц В.А. 84

ГАЗОВЫЕ ГИДРАТЫ В ЗОНАХ ГЛУБОКОВОДНЫХ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ НЕКОТОРЫЕ ОЦЕНКИ СКОРОСТИ ИХ ЭВОЛЮЦИИ
Жостков Р.А., Собисевич А.Л., Суетнова Е.И. 88

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗОНЫ СТАБИЛЬНОСТИ КРИОГЕННЫХ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ
Смирнов Ю.Ю., Щур А.А., Матвеева Т.В., Щур Н.А., Бочкарев А.В. 91

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ, ВОЗРАСТ И ПАЛЕОУСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ VII АЛЧАКСКОЙ ТЕРРАСЫ ЧЕРНОГО МОРЯ (ФИНАЛЬНЫЙ ЭОПЛЕЙСТОЦЕН)
Чепалыга А.Л., Садчикова Т.А., Знаменская Л.В. 96

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВОЗРАСТЕ ХВАЛЫНСКОГО ПРОЛИВА В ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВОЙ ИСТОРИИ МАНЫЧСКОЙ ДЕПРЕССИИ
Семиколенных Д.В., Курбанов Р.Н., Янина Т.А. 101

ЧЕТВЕРТИЧНЫЙ ПОКРОВ И СВЯЗАННЫЕ С НИМ ОПАСНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПЕЧОРСКОМ МОРЕ
Рыбалко А.Е., Репкина Т.Ю., Терехина Я.Е., Токарев М.Ю., Соловьева М.А.,Хлебникова О.А., Гончарова А.М., Горбачев С.В., Мамедов Т.Э. 105

ГЕНЕЗИС ЭМИССИИ ГАЗА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ
Кишанков А.В. 111

СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДНА ПРОЛИВА ВЕЛИКАЯ САЛМА (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ БЕЛОГО МОРЯ)
Рысакова М.А., Брянцева Г.В., Косевич Н.И. 113

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОЕКТ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА ДНА МИРОВОГО ОКЕАНА NIPPON FOUNDATION - GEBCO SEABED 2030
Зарайская Ю.А. 117

ГЛЯЦИАЛЬНЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВОМОРСКОГО ШЕЛЬФА КАК ИНДИКАТОРЫ ДВИЖЕНИЯ ЛЕДНИКА (ПО МАТЕРИАЛАМ РЕЙСОВ TTR-19 И TTR-20)
Соловьева М.А., Монтелли А.И., Ахманов Г.Г. 119

ПРИЗНАКИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ НА ДАННЫХ 2D/3D СТАНДАРТНОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ В УСЛОВИЯХ ПРЕДЕЛЬНОГО МЕЛКОВОДЬЯ ШЕЛЬФА ПЕЧОРСКОГО МОРЯ
Терехина Я.Е., Хлебникова О.А., Соловьева М.А., Токарев М.Ю., Гончарова А.М., Горбачев С.В., Гурвич Л.А., Мятчин О.М., Нурмухамедов Т.В. 122

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ПОСТ-ГЛЯЦИАЛЬНОГО ОСАДОЧНОГО РАЗРЕЗА В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО МАТЕРИАЛАМ TTR-20)
Пятилова А.М., Ахманов Г.Г., Соловьева М.А., Сергеев А.А. 127

УРОВНИ И ПРИРОДА УГЛЕВОДОРОДОВ В ВОДЕ И ОСАДКАХ РОССИЙСКОГО СЕКТОРА ЧЕРНОГО МОРЯ
Немировская И.А., Завьялов П.О., Храмцова А.В. 131

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МОРЕННЫХ ГРЯД В СЕВЕРНОЙ И СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ ПО ДАННЫМ РЕЙСОВ TTR-19 И TTR-20
Василевская Я.А., Соловьева М.А., Ахманов Г.Г., Монтелли А.И. 135

НОВЫЕ ЗАДАЧИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РУДНОЙ ПРОВИНЦИИ КЛАРИОН-КЛИППЕРТОН ТИХОГО ОКЕАНА
Захаров М. С., Ермакова Л. А., Кондратенко А. В. 137

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЙ ФЛЮИДОГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РАЗРЕЗЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ СУБАБИССАЛЬНОЙ РАВНИНЫ ЧЕРНОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ ВЫСОКОРАЗРЕШАЮЩЕЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ 2D
Миронюк С. Г., Росляков А. Г., Хлебникова О. А. 143

Морская геология. Стендовые доклады

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРООБРАЗУЮЩИХ ДЕФОРМАЦИЙ НА ХРЕБТЕ КНИПОВИЧ
Агранов Г.Д., Соколов С.Ю. 150

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ГАЛОГЕНИДОВ В ПОРОВЫХ ВОДАХ ДОННЫХ ОСАДКОВ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ШЕЛЬФА БАРЕНЦЕВА МОРЯ
Неуважаева М.Д., Казак Е.С., Ахманов Г.Г. 153

ИЗМЕНЕНИЕ НАПРАВЛЕННОСТИ МОРФОЛИТОГЕНЕЗА НА ШЕЛЬФЕ МОРЕЙ ВОСТОЧНОЙ АРКТИКИ
Пижанкова Е.И., Гаврилов А.В. 158

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ КОЛОНКИ AT19-22GC (ЖЁЛОБ ФРАНЦ-ВИКТОРИЯ, БАРЕНЦЕВО МОРЕ)
Попова А.А., Крылов А.А. 163

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ СОПРЯЖЕННЫХ КРАЕВЫХ ПЛАТО МОРРИС ДЖЕСУП И ЕРМАК
Агранов Г.Д., Дубинин Е.П., Грохольский А.Л. 167

ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ КАСПИЯ В РАННЕМ НЕОПЛЕЙСТОЦЕНЕ
Янина Т.А., Свиточ А.А. 170

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЮМИНЕСЦЕНТНО-БИТУМИНОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО МАТЕРИАЛАМ ЭКСПЕДИЦИИ TTR-20)
Кирсанова А.А., Видищева О.Н., Полудеткина Е.Н., Ахманов Г.Г., Томасенко С.В., Дралина Е.М., Богданов А.А. 174

СОРБИРОВАННЫЕ И ПОРОВЫЕ ГАЗЫ В ОСАДКАХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
Коренкова Е.С., Видищева О.Н., Ахманов Г.Г. 179

ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ БЕРЕГОВ ЗАЛИВА КАСАТКА (О. ИТУРУП, ЮЖНЫЕ КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА)
Кузнецов М.А. 182

СТРОЕНИЕ СЕЙШЕЛЬСКО-МАСКАРЕНСКОГО ПЛАТО И ПРИЛЕГАЮЩИХ ГЛУБОКОВОДНЫХ КОТЛОВИН НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ И ПЛОТНОСТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
Коснырева М.В., Рыжова Д.А., Дубинин Е.П., Булычев А.А. 187

ДОННЫЕ НАКОПЛЕНИЯ В ТРОГЕ ЭРАТО ПОДНЯТИЕ ДЕМЕД
Уголькова Е.А., Томасенко С.В., Ахманов Г.Г., Соловьева М.А. 190

ГЕОХИМИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ МАЛЫХ ОЗЕР ВОДОСБОРА ДВИНСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ
Шевченко В.П., Стародымова Д.П., Алиев Р.А., Кокрятская Н.М., Чупаков А.В. 192

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ И ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ПРИДОННОЙ ФЛЮИДОРАЗГРУЗКИ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
Богданов А.А, Соловьева М.А., Томасенко С.В., Дралина Е.М., Кирсанова А.А., Ахманов Г.Г. 196

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГАЗО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДОННЫХ ОСАДКОВ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО МАТЕРИАЛАМ ЭКСПЕДИЦИИ TTR-20)
Дралина Е.М., Ахманов Г.Г, Видищева О.Н., Соловьева М.А., Манько И.Э., Кирсанова А.А., Богданов А.А. 200

ТРОГ ЭРАТО ПОДНЯТИЯ ДЕМЕД БАРЕНЦЕВА МОРЯ: СВИДЕТЕЛЬСТВА ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ (ПО МАТЕРИАЛАМ TTR-20)
Королева А.О., Пятилова А.М., Соловьева М.А., Сергеев А.А., Ахманов Г.Г. 203

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛЬДА
Фролов Д.М., Ржаницын Г.А., Кошурников А.В., Гагарин В.Е. 207

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ РАБОТ В ШТОРМОВУЮ ПОГОДУ И ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ: ПО МАТЕРИАЛАМ РЕЙСА TTR-20 В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
Хритова Ю.А., Соловьева М.А., Ахманов Г.Г. 212

РЕКОНСТРУКЦИЯ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ГОЛОЦЕНА НА О. АНЗЕР В БЕЛОМ МОРЕ ПО ДАННЫМ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВОГО АНАЛИЗА ОЗЕРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
Левкова Д.Н., Сапелко Т.В., Леонтьев П.А., Субетто Д.А. 216

МЕТОД РАСЧЁТА ВЛАЖНОСТИ ДОННЫХ ОСАДКОВ ПО ДАННЫМ ПОРТАТИВНОГО РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗАТОРА OLYMPUS VANTA-C.
Ласкина Д.Н., Дорохова Е.В. 220

МАГНИТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МИНЕРАЛОВ НА МОРСКОМ ПЛЯЖЕ КУРШСКОЙ КОСЫ (БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ)
Дорохова Е.В., Садовская М.И., Гмыря Е.И. 225

ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ПЕСЧАНО-АЛЕВРИТОВЫХ ПРОСЛОЕВ В ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕН-ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕЙСА TTR-20)
Томасенко С.В., Косоруков В.Л., Ахманов Г.Г., Соловьева М.А. 229

БИОМАРКЕРНЫЙ АНАЛИЗ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДОННЫХ ОСАДКОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕДИЦИИ TTR-19)
Сигачева Л.Ю., Валиева Э.И., Видищева О.Н., Полудеткина Е.Н., Ахманов Г.Г. 231

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОВРЕМЕННЫХ ГЛОБАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ В ЗАДАЧАХ ПЛОТНОСТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ МИРОВОГО ОКЕАНА
Михайлов П.С., Грасс С.И., Коснырева М.В., Конешов В.Н., Железняк Л.К. 234

ОСОБЕННОСТИ ЭВОЛЮЦИИ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЗОНЫ СТАБИЛЬНОСТИ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ ПРИ ЭРРОЗИИ МОРСКОГО ДНА В СЕВЕРНЫХ ШИРОТАХ МИРОВОГО ОКЕАНА
Суетнова Е.И. 238

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА СУПЕР ЭВМ МОРСКИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ЗОНДИРОВАНИЙ С ДОННЫМИ СТАНЦИЯМИ И МОБИЛЬНЫХ ЗОНДИРОВАНИЙ С ДВИЖУЩИМСЯ ПРИЁМНИКОМ
Барашков И.С. 241

ОБ ОБНАРУЖЕНИИ БАЗАЛЬТОВЫХ ВУЛКАНОВ И ЗОН ВОДОРОДНОЙ ДЕГАЗАЦИИ В МОРСКИХ АКВАТОРИЯХ
Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. 244

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ РАЙОНА РАСПОЛОЖЕНИЯ НОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГАЗА В ТУРЕЦКОМ СЕКТОРЕ ЧЕРНОГО МОРЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ОБРАБОТКИ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ
Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. 248

АПРОБАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОЦЕНКИ ПОЛОЖЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЮСА В ЮЖНОМ ОКЕАНЕ
Тертышников А.В. 252

Морская геофизика. Устные доклады

ПРИМЕРЫ ОБРАБОТКИ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ С БУКСИРУЕМЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ НА ШЕЛЬФЕ
Токарев А.М., Понимаскин А.И., Хачатрян А.М. 256

ОБРАБОТКА ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЙ ДЛЯ КАРТИРОВАНИЯ ПОДВОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ
Макаров А.В., Фрих-Хар А.Ю. 260

АНАЛИЗ СОВОКУПНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ МОНИТОРИНГА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ, С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ РОБОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ
Гладышев М.Д., Тамков П.И. 265

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМЫМ НЕОБИТАЕМЫМ ПОДВОДНЫМ АППАРАТАМ (ТНПА) ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ, ИНСПЕКЦИОННЫХ РАБОТ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
Шматков А.А., Шматков А.Г. 272

ОЦЕНКА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ НА ШЕЛЬФЕ ОХОТСКОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ 3D СЕЙСМОРАЗВЕДКИ В ТРЕХ ЧАСТОТНЫХ ДИАПАЗОНАХ
Замотина З.С., Росляков А.Г., Пирогова А.С., Шилова М.А., Чегодаева А. Е., Токарев М.Ю., Рыбин Н.А. 275

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ ИНВЕРСИЯ МУЛЬТИЧАСТОТНЫХ ДАННЫХ 3D СЕЙСМОРАЗВЕДКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ АКУСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОРСКИХ ГРУНТОВ
Щуплов П.А., Пирогова А.С., Токарев М.Ю. 280

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЗОН ПОВЫШЕННЫХ РИСКОВ ПРИ БУРЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПСЕВДОДВУМЕРНЫХ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ
Пирогова А.С., Дубиня Н.В., Токарев М.Ю., Щуплов П.А., Делия С.В. 284

СОВМЕЩЁННОЕ ПОРОУПРУГОПЛАСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ВЕРХНИХ СЛОЕВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРИ БУРЕНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СКВАЖИН: ВОЗМОЖНОСТИ И ПРОБЛЕМЫ
Вершинин А.В., Дубиня Н.В. 288

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ УСТОЙЧИВОСТИ САМОПОДЪЕМНОЙ БУРОВОЙ УСТАНОВКИ
Васильев И.А., Дубиня Н.В., Начев В.А., Алексеев Д.А., Тихоцкий С.А. 293

Рациональное природопользование. Устные доклады

УЯЗВИМОСТЬ ОБЪЕКТОВ БЕРЕГОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ, ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К АКВАТОРИИ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ, К ПРИРОДНЫМ ОПАСНОСТЯМ
Бадина С.В. 298

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛАВАЮЩЕГО МОРСКОГО МУСОРА В АРКТИЧЕСКИХ МОРЯХ РОССИИ В ОКТЯБРЕ 2020 Г. В СВЯЗИ С ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ
Погожева М.П., Березина А.В., Жданов И.А., Осадчиев А.А., Ханке Г., Якушев Е.В. 303

О ВЛИЯНИИ РЫБОЛОВСТВА НА МОРСКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ
Клепиковский Р.Н. 307

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФОРЕЛЕВЫХ ХОЗЯЙСТВ НА ПРИБРЕЖНЫЕ АКВАТОРИИ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА
Лапенков А.Е., Гузева А.В., Зарипова К.М. 311

ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА-А В РАЙОНАХ КАРСКОГО МОРЯ В ПЕРИОД ТАЯНИЯ ЛЬДА
Геттих Н.П., Евенкова Т.Д, Костылева А.В., Казакова У.А., Осадчиев А.А., Степанова Н.Б. 314

ПРАВОВАЯ ОХРАНА МОРСКОЙ СРЕДЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В МЕСТАХ ОБИТАНИЯ МОРСКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ
Пономарев М.В. 318

АНАЛИЗ СОЦИО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА
Семеошенкова В.С. 324

ПОТОКИ РАССЕЯННОГО ОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ИЗ АТМОСФЕРЫ В СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ ВОДОСБОРНЫХ БАССЕЙНОВ БЕЛОГО И КАРСКОГО МОРЕЙ
Шевченко В.П., Стародымова Д.П., Булохов А.В., Воробьев С.Н., Котова Е.И., Крицков И.В., Лим А.Г., Лохов А.С., Новигатский А.Н., Яковлев А.Е., Покровский О.С. 328

ЭКОСИСТЕМЫ МАКРОФИТНЫХ ЗАРОСЛЕЙ НЕВСКОЙ ГУБЫ В УСЛОВИЯХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ
Жигульский В.А., Шуйский В.Ф., Чебыкина Е.Ю., Фёдоров В.А., Паничев В.В., Успенский А.А. 332

МЕЖДУНАРОДНАЯ СЪЕМКА МИКРОПЛАСТИКА В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ В 2021 ГОДУ: ПЕРВЫЙ ОПЫТ КРУПНОМАСШТАБНОЙ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ
Педченко А.П., Анциферов М.Ю., Губанищев М.А., Двинин М.Ю. 336

РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ШЕЛЬФОВОЙ ЧАСТИ ХАРАСАВЭЙСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (КАРСКОЕ МОРЕ) В 2018–2020 ГГ.
Скавинская Н.Ю., Барымова А.А. 341

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ БЕРЕГОВ ЗАПАДНЫХ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ РОССИИ К РАЗЛИВАМ НЕФТИ
Ермолов А.А., Илюшин Д.Г, Кизяков А.И., Михайлюкова П.Г., Исаченко А.И.. 346

ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ АРКТИЧЕСКИХ БЕРЕГОВ НА УЧАСТКАХ ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ
Ермолов А.А., Белова Н.Г., Новикова А.В. 349

Подводное культурное наследие. Устные доклады

ЗАТОПЛЕННЫЕ АНТИЧНЫЕ ПОСЕЛЕНИЯ НА КЕРЧЕНСКОМ И ТАМАНСКОМ ПОЛУОСТРОВАХ – ПРОБЛЕМА ФАНАГОРИЙСКОЙ РЕГРЕССИИ
Дикарёв В.А., Масленников А.А. 353

ОСНОВНЫЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ИЗУЧЕНИЯ МОРСКОГО КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ
Мозговой С.А. 358

К ВОПРОСУ О МЕЖДУНАРОДНО-ПРАВОВОМ РЕГУЛИРОВАНИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПОДВОДНЫМ КУЛЬТУРНЫМ НАСЛЕДИЕМ
Анисимов И.О. 363

КУРС ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ «УПРАВЛЕНИЕ МОРСКИМ И ПОДВОДНЫМ КУЛЬТУРНЫМ НАСЛЕДИЕМ»: ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ, СТРУКТУРА
Фазлуллин С.М. 370

ПОДВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ПЕРМСКОГО КРАЯ: ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ
Головчанский Г.П., Константинов А.А. 375

ИЗУЧЕНИЕ ЗАТОПЛЕННЫХ ПАЛЕОЛАНДШАФТОВ В СЕВЕРНОЙ АМЕРИКЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ
Борисова Г.А. 380

ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ПО МОРСКОЙ АРХЕОЛОГИИ В ЕВРОПЕЙСКИХ УНИВЕРСИТЕТАХ СЕТИ UNITWIN
Николаев И.Р. 387

ЛЕДОВОЕ ПОБОИЩЕ: ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОЙ ЭКСПЕДИЦИИ 2021 Г.
Степанов А.В. 391

ДЕРБЕНТ В СИСТЕМЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ КАСПИЙСКОГО БАССЕЙНА И ВОЛЖСКО-КАСПИЙСКОГО ПУТИ В СРЕДНЕВЕКОВЬЕ
Гусев С.В., Фазлулин С.М.. 396

НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИБРЕЖНОЙ ПОПЕРЕЧНОЙ СТЕНЫ ДЕРБЕНТА СЕРЕДИНЫ VI ВЕКА
Гаджиев М.С., Гаджиев Б.Х. 397

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КРЕЙСЕРА «ЧЕРВОНА УКРАИНА» В 2021 Г.
Вахонеев В.В. 402

«ОКСКАЯ БАРКА» —УНИКАЛЬНЫЙ ОБРАЗЕЦ РЕЧНОГО СУДОСТРОЕНИЯ В ВЕРХНЕМ ТЕЧЕНИИ ОКИ
Золотарёв О.А. 407

ПРОБЛЕМЫ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ СОХРАННОСТИ ПРЕДМЕТОВ ИЗ СТЕКЛА, СПОСОБЫ РЕКОНСТРУКЦИИ И МЕТОДЫ РЕСТАВРАЦИИ
Шаркова Е.Н. 410

ОПЫТ ВТОРИЧНОЙ КОНСЕРВАЦИИ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕДМЕТОВ С МЕСТА МОРСКОГО СРАЖЕНИЯ 18 ВЕКА НА ПРИМЕРЕ КОЛЛЕКЦИИ МУЗЕЯ-ЗАПОВЕДНИКА «ВЫБОРГСКИЙ ЗАМОК»
Смирнов А.С., Фазлуллин С.М., Крипак С.В. 414

МУЗЕЙНАЯ ЭКСПОЗИЦИЯ «КОРСАРЫ СРЕДИЗЕМНОГО МОРЯ»
Ткаченко Ю.Г., Хохлов С.А., Лыков А.Г., Бардашов М.Н., Садеков Р.Н., Горлов И.О. 420

К ВОПРОСУ О МУЗЕЕФИКАЦИИ КОРАБЛЕЙ (СУДОВ)
Мозговой С.А. 423

Подводное культурное наследие. Стендовые доклады

ПОДВОДНО-АРХЕОЛОГИЧЕСКИЙ ПАРК БАЙЯ КАК НОВАЯ ФОРМА УЧРЕЖДЕНИЯ МУЗЕЙНОГО ТИПА
Фазлуллин С.М., Тарасова К.А. 429

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ КОНСЕРВАЦИИ ВЛАЖНОЙ АРХЕОЛОГИЧЕСКОЙ ДРЕВЕСИНЫ
Фазлуллин С.М., Сушкова А.О. 433

ОБЪЕКТЫ ПОДВОДНОГО КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ В ТУРИЗМЕ НА ОСТРОВЕ КИПР
Атеш М.А. 437

Научно-популярные фильмы.

СЕКЦИЯ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫХ ФИЛЬМОВ НА КОНФЕРЕНЦИИ MARESEDU
Новигадский А.Н. 442

Приложение 444

Программа

Programme

25 октября, понедельник

	Room 1	Room 2	Room 3	Room 4
08.30-13.30	**Регистрация**			
09.20-10.40	Пленарная сессия			
10.40-10.55	**Перерыв**			
10.55-12.25	Пленарная сессия			
12.25-13.30	**Обед**			
13.30-15.10	Пленарная сессия	секция «Плавучие университеты России: новый виток развития»	Рациональное природопользование	Океанология. Стендовые доклады
15.10-15.25	**Перерыв**			
15.25-17.05	Научно-популярные фильмы	секция «Плавучие университеты России: новый виток развития»	Рациональное природопользование	Океанология. Стендовые доклады
17.05-17.20	**Перерыв**			
17.20-19.00	Научно-популярные фильмы	«Плавучие университеты России: новый виток развития»	Рациональное природопользование	

26 октября, вторник

	Room 1	Room 2	Room 3	Room 4
08.30-13.30	**Регистрация**			
09.00-10.40	Океанология	Морская биология		Морская геофизика
10.40-10.55	**Перерыв**			
10.55-12.25	Океанология	Морская биология		Морская геофизика
12.25-13.30	**Обед**			
13.30-15.10	Океанология	Морская биология		Морская геофизика
15.10-15.25	**Перерыв**			
15.25-17.25	Океанология ONLINE	Морская биология		Морская геофизика

27 октября, среда

	Room 1	Room 2	Room 3	Room 4
08.30-13.30	**Регистрация**			
09.00-10.40	Морская геология	Морская биология	Гидрология	Океанология. Стендовые доклады

10.40-10.55	**Перерыв**			
10.55-12.25	Морская геология	Морская биология	Гидрология	Океанология. Стендовые доклады
12.25-13.30	**Обед**			
13.30-15.10	Морская геология	Морская биология	Гидрология	Океанология. Стендовые доклады
15.10-15.25	**Регистрация**			
15.25-17.05	Морская геология	Морская биология	Гидрология	
17.05-18.30			Гидрология. Стендовые доклады	

28 октября, четверг

	Room 1	**Room 2**	**Room 3**	**Room 4**
08.30-13.30	**Регистрация**			
09.00-10.40	Морская геология	Морская биология	Подводное культурное наследие	
10.40-10.55	**Перерыв**			
10.55-12.25	Морская геология	Морская биология	Подводное культурное наследие	
12.25-13.30	**Обед**			
13.30-15.10	Морская геология	Морская биология	Подводное культурное наследие	
15.10-15.25	**Перерыв**			
15.25-17.05	Морская геология	Морская биология. Стендовые доклады	Подводное культурное наследие	
17.05-18.05			Подводное культурное наследие. Стенды	

29 октября, пятница

	Room 1	**Room 2**	**Room 3**
09.00-10.40		Морская геология и геофизика	Морская биология. Стендовые доклады
10.40-10.55	**Перерыв**		Морская биология. Стендовые доклады (до 11.40)
11.00-14.30	Biodiversity conservation in the Southern Ocean. Convention for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources	Морская геология. Стендовые доклады (до 15.20)	
16.00-17.15	Marine Protected Areas in Polar regions		

Тезисы

Abstracts

Морская геология

Устные доклады

Marine Geology

Oral presentations

УДК 551.4.012:550.8.012

10 ЛЕТ СЕКЦИИ «МОРСКАЯ ГЕОЛОГИЯ» НА MARESEDU: РЕТРОСПЕКТИВА

10 YEARS OF MARESEDU'S SECTION "MARINE GEOLOGY": RETROSPECTIVE REVIEW

Рыбалко Александр Евменьевич[1,2], **Ахманов Григорий Георгиевич**[3]

[1] *ООО «Центр морских исследований МГУ имени М.В. Ломоносова»*

[2] *Институт наук о Земле, Санкт-Петербургский государственный университет*

[3] *Геологический факультет, МГУ имени М.В. Ломоносова*

Rybalko Aleksandr Evmen'evich[1,2], **Akhmanov Grigorii Georgievich**[3]

[1] *LLC "Center for Marine Research of Lomonosov Moscow State University"*

[2] *Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University*

[3] *Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University*

Геологическая наука и тема организации морских геологических практик для студентов были представлены на конференции «Морские исследования и образование (MARine RESearch and EDUcation)» с самого начала и все десять лет проведения совещания.

Первая конференция, собравшая вместе около 40 ученых, работавших на передовом крае научного освоения Мирового океана, и преподавателей университетов, готовящих морские научные кадры, состоялась 24 октября 2012 года. Совещание было проведено в один день, в парадном зале Ротонды Главного корпуса МГУ на Ленинских Горах (31-й этаж). Программа докладов Первой конференции умещалась всего на одном листе А4.

Высокую, и даже главную, роль морской геологии в рождении этого совещания подчеркивало то, что конференция собралась в память и была посвящена выдающемуся морскому геологу и педагогу, профессору геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, Михаилу Константиновичу Иванову, основателю и бессменному руководителю «Плавучего Университета», Международной научно-образовательной программы в области морских дисциплин (http://floatinguniversity.ru/), работавшей с 1991 года под девизом «Обучение-через-исследования (Training-through-Research)». Плавучий Университет и до сих пор является одной из наиболее успешных форм подготовки квалифицированных специалистов по морской геологии, а также внедрен в практику обучения океанологов, гидробиологов и пр. Конференция MARESEDU была приурочена к Дню рождения М.К. Иванова и с тех пор ежегодно проводится в конце октября (рис.1).

С самого начала и до настоящего времени предметом всех совещаний являлось всестороннее изучение моря и подготовка для этого специалистов. В качестве основных дисциплин на Первом совещании были представлены морская геология и геофизика, морская гидробиология и океанология. На последующих совещаниях список направлений морских наук был существенно расширен. В 2012 году главным и практически единственным вопросом для обсуждений была тема организации морских практик для студентов различных специальностей. Среди прочих был доклад Г.Г. Ахманова о принципах, истории, достижениях и состоянии Плавучего Университета - именно в этот и несколько последующих лет, в связи с уходом из жизни М.К. Иванова, программа начала испытывать большие трудности в реализации, и практически остро стоял вопрос о возможности её сохранения и продолжения.



Рис. 1. Михаил Константинович Иванов (24.10.1945 – 15.02.2012)

Вторая научно-практическая конференция «Морские исследования и образование (MARESEDU)», состоявшаяся в Москве 28-30 октября 2013 года, стала знаковой для дальнейшего развития. Во-первых, она показала, что идея проведения такого форума нашла широкий отклик в среде ученых, преподавателей и профессионалов-практиков. На Второй конференции было принято решение о необходимости ежегодного проведения совещания. Во-вторых, в конференции были широко представлены доклады студентов и молодых ученых по результатам проведенных ими самостоятельных исследований. Это принципиальное «новшество» с того времени стало фирменной особенностью MARESEDU. Очень уважительное отношение к молодым коллегам - студентам и аспирантам МГУ имени М.В. Ломоносова и других вузов - было призвано развивать подходы «Обучение-через-исследования». На конференции нет «специальных» студенческих секций, а молодежи предоставлено право выступать на равных и даже отчаянно спорить с самыми именитыми и заслуженными океанологами, морскими геологами и гидробиологами. Это, наряду с самой тщательной экспертизой заявленных докладов, мобилизует научную молодежь, воспитывает чувство ответственности и даёт понимание важности и значимости выбранного ими дела. Также, особое внимание всегда уделялось стендовым сессиям, на которых в обсуждении всегда активно участвовали ведущие специалисты различных организаций, принимающие участие в конференции (рис.2). Как результат – многие бакалавры и магистры, сделавшие свои первые шаги на MARESEDU, в настоящее время выросли в настоящих экспертов своего направления и даже входят в нынешний Программный комитет конференции.



Рис. 2. Привычная картина стендовой сессии MARESEDU. Опытные ученые (А.В. Старовойтов и С.Г. Миронюк) обсуждают научные результаты работы студента 4-го курса Анны Почеваловой

II-ая конференции собрала уже более 130 делегатов из ведущих вузов и научно-исследовательских центров России и Европы. В конференции приняли участие и представители крупных российских компаний, что впоследствии также стало доброй традицией. В 2013 году первый раз была реализована форма представления докладов и на пленарных заседаниях, и на предметных секциях. На впервые организованной отдельной секции по морской геологии и геофизики было заслушано 9 докладов, в которых рассматривались вопросы морских региональных геолого-геофизических исследований, изучения опасных геологических процессов, использования сейсмоакустических методов для изучения рыхлого покрова арктических морей, возможности газогеохимической съемки для оценки нефтегазоносности акваторий. Эти вопросы прочно в дальнейшем «обосновались» в повестке конференций MARESEDU. Также, именно с этой конференции в практику работы совещания вошло включение в повестку докладов ведущих зарубежных специалистов по актуальным вопросам морской геологии и обучения студентов морским наукам. Начиная с 2013 года, постоянным координатором совещания стал ООО «ЦМИ МГУ», а «на пост» незаменимого секретаря и председателя технического комитета конференции заступила Екатерина Михайловна Несмеянова. Все последующие 9 лет технический комитет год от года расширял свой опыт вместе с ростом конференции, только программа конференции сейчас занимает 8 страниц, а ежегодные сборники Трудов конференции составляют до 4-х томов (e.g. Труды MARESEDU-2018). И даже пандемия COVID-19 в Мире не помешала успешному проведению совещания в 2020 и 2021 годах.

С 2013 года программа конференции только расширялась. Фирменной чертой совещания стало пристальное внимание к проблемам морской геофизики и использование полученных данных в практике морских геологических исследований. Секции морской геологии и морской геофизики на отдельных конференциях проводились раздельно, на других «сливались» вместе вновь. Неизменной оставалась возможность для бакалавров, магистрантов и аспирантов показать на конференции свои методические наработки, обсудить их с экспертами, выслушать критику, научиться на неё отвечать. MARESEDU стала прекрасной школой профессионального роста, здесь учились доносить до других свои взгляды и отстаивать их в научных спорах. Мультидисциплинарный подход в рамках ежегодных конференций к проблеме всестороннего познания природы морей и океанов породил интереснейшее явление:

в рамках проведения заседаний рождались научные коллективы для решения совсем новых задач, содержащих компоненты различных специальностей. Так, впервые здесь прозвучали доклады о возможности использования акустических методов для изучения поселений гидробионтов, что впоследствии вылилось в реализацию научно-исследовательского проекта "Разработка технологии картографирования подводных ландшафтов", целью которого являлась разработка программных средств и методических рекомендаций к комплексному картографированию бентосных сообществ и элементов подводного ландшафта с использованием данных гидролокации бокового обзора (ГЛБО), многолучевого эхолотирования (МЛЭ) и точечного отбора проб в условиях арктических морей в диапазоне глубин 10-50 м.

Постоянными темами конференций стали доклады о различных формах скоплений газов в донных отложениях и способах их идентификации сейсмоакустическими методами, а также серии докладов, связанных с проявлением на шельфах опасных геологических процессов. Это неудивительно, так как именно на геологическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова и в партнерских организациях много лет проводились исследования по этим проблемам.

В некоторых случаях количество заявок на геологические доклады по отдельным темам было столь велико, что приходилось организовывать специальные «Круглые столы» для обсуждения актуальных проблем. Так в 2020 году были организованы такие специальные встречи по углеводородным газам и газогидратам в морских отложениях и по геологии крупных озер. В 2018-м и в нынешнем 2021-м году организованы Круглые столы по Плавучему Университету. По примеру МГУ имени М.В. Ломоносова и, в не малой степени, благодаря ежегодному активному участию студентов Плавучего Университета с научными докладами на MARESEDU, технология «Обучение-через-исследования» принята на вооружение, а Плавучий Университет получил своё развитие в нескольких учебных и научных организациях России.

Так случилось, что в годы становления MARESEDU коллектив Плавучего Университета из МГУ имени М.В. Ломоносова испытывал серьезные трудности, связанные с реализацией программы на морях. Чтобы сохранить программу пришлось перебазироваться на озеро Байкал, где летом 2014 года был запущен многолетний проект Class@Baikal. Именно конференция MARESEDU, начиная с 2014 года, явилась «рупором» этой программы. Подготовленные студентами и учеными, участвовавшими в ежегодных экспедициях Class@Baikal, доклады были посвящены многочисленным проявлениям гравитационных процессов, субаквальному грязевому вулканизму и освещению особенностей озерной гидратосодержащей системы с подробной характеристикой углеводородных газов. Одно из важнейших достижений этого проекта - молодые специалисты, воспитанные по технологии «Обучение-через-исследования». Некоторые из них уже к настоящему времени стали серьезными исследователями, ведущими самостоятельными руководителями отдельных программ, руководителями крупных отрядов в возобновленных с 2019 года больших рейсах Плавучего Университета, проходивших в Баренцевом море. Подготовленные по материалам Class@Baikal магистерские и аспирантские работы прошли свою обкатку в работе геологических секций Class@Baikal.

С результатами, полученными в Баренцевом море, связано также возобновление научной дискуссии по проблемам оледенения Баренцевоморского шельфа. Доклады А. Монтелли с соавторами в 2020 и 2021 гг. не только продемонстрировали новые данные о следах этого оледенения, полученные в ходе многолучевого профилирования в экспедициях TTR-19 (2020 г.) и TTR-20 (2021 г.), но и послужили затравкой для запуска в МГУ имени М.В. Ломоносова

по инициативе ООО «Арктический Научный Центр» специальных НИР по характеристике признаков этого оледенения с помощью новейших геофизических методов.

Отдельного упоминания заслуживает важная черта многих конференций MARESEDU вплоть до 2020 года – организация и проведение специальных курсов лекций, читавшихся перед началом конференций выдающимися морскими геологами Европы. Например, на MARESEDU-2015 были прочитаны такие курсы, как: «Plumbing systems in sedimentary basins: an overview on some piercements phenomena and their related features (Вертикальный массоперенос в седиментационных бассейнах: обзор геологических процессов и сформированных ими структур)» (доктор Адриано Мацини) и «Science on Rough Seas: The structure of collaborative research in Ocean and Polar Sciences, from late 19th to early 21st century (Наука в Бурных Морях: структура международных исследований в Океане и на полюсах, с конца 19-го до начала 21-го столетий)» (профессор Жан-Поль Хенриет). Значение таких лекций для геологической общественности трудно переоценить.

Сейчас, спустя 10 лет со дня первого совещания MARESEDU с гордостью и со всей ответственностью можно заключить, что:

- За 10 лет MARESEDU из локальной конференции, проводимой МГУ имени М.В. Ломоносова, превратилась в мощный научно-информационный фактор во всестороннем изучении морей и океанов;
- Геологическая секция этого совещания стала важной площадкой для обсуждения актуальных программ морской геологии: проблем газогидратов, геологических опасностей и их роли в инженерной геологии, оледенения западно-арктического шельфа, палеолимнологии крупных озер и многих других;
- Все 10 лет MARESEDU играла уникальную образовательную роль, будучи территорией постоянного внимания к научным работам студентов и аспирантов, оплотом поддержки Плавучих университетов, как кузницы высокопрофессиональных специалистов-мореведов.

УДК 551.242.23, 462

ОСОБЕННОСТИ СБРОСООБРАЗОВАНИЯ В ПРЕДЕЛАХ ТРАНСФОРМНОЙ ЗОНЫ ТЬЁРНЕС (ПО ДАННЫМ МОРФОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА)

FEATURES OF NORMAL FAULTING WITHIN TJÖRNES TRANSFORM ZONE (MORPHOMETRIC ANALYSIS DATA)

Боголюбский Вячеслав Андреевич[1], **Дубинин Евгений Павлович**[2]
[1] *географический факультет, МГУ имени М. В. Ломоносова*
[2] *Музей Землеведения МГУ имени М. В. Ломоносова*

Bogoliubskii Viacheslav Andreevich[1], **Dubinin Evgeniy Pavlovich**[2]
[1] *Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography*
[2] *Lomonosov Moscow State University, The Earth Sciences Museum*

Введение

Трансформная зона (ТЗ) Тьёрнес представляет собой сложно устроенную сдвиговую зону, соединяющую южную часть хр. Кольбенсей и Северную вулканическую зону (ВЗ) Исландии. Она включает в себя три главных транстенсивных структуры и соединяющие их рифты. К транстенсивным структурам относятся косой рифт (КР) Гримсей, разломная зона (РЗ) Хусавик-Блатей и линеамент Дальвик (рис. 1). Общая величина смещения по трансформной зоне составляет 120 км. В настоящее время наиболее тектонически активными структурами являются КР Гримсей и РЗ Хусавик-Блатей, по большей части формирующаяся в субаэральных условиях (Khodayar, Björnsson, 2018).

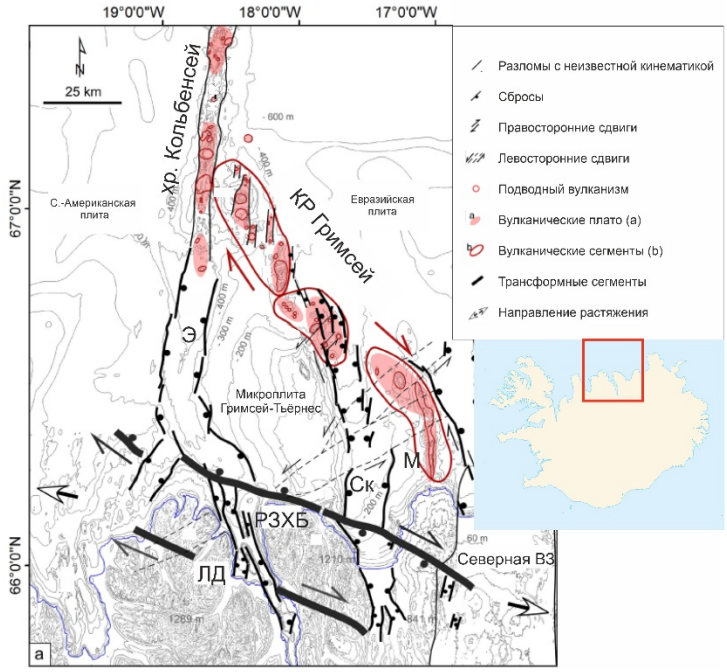


Рис. 1. Структурная схема ТЗ Тьёрнес (Khodayar, Björnsson, 2018). РЗХБ – РЗ Хусавик-Блатей, ЛД – линеамент Дальвик, Э – рифт Эйяфьярдараудль, Ск – рифт Скьяулфанди, М – поднятие Маунаурейяр

КР Гримсей представлен тремя эшелонированными вулканическими сегментами на северном шельфе Исландии, к северу от Северной ВЗ. Он протягивается от подводного

поднятия Маунаурейяр, являющегося продолжением Северной ВЗ, до южной оконечности хр. Кольбенсей. Примерно 65% всех сдвиговых движений по ТЗ Тьёрнес аккомодируются косым рифтом. Скорость сдвиговой компоненты составляет 18 мм/год, а раздвиговой – 3 мм/год. Общая протяжённость косого рифта составляет 90 км, а его угол наклона по отношению к направлению растяжения составляет 35°. КР Гримсей является проводящим каналом для магматических импульсов Исландского плюма и, как следствие, характеризуется активным вулканизмом (Khodayar, Björnsson, 2018, Metzger et al., 2013).

С РЗ Хусавик-Блатей косой рифт соединён также амагматическими рифтами Эйяфьярдараудль и Скьяулфанди. Первый является продолжением хребта Кольбенсей и представляет собой западную границу микроплиты Гримсей-Тьёрнес, формируемой ТЗ Тьёрнес. Рифт Скьяулфанди является внутриплитной структурой и, возможно, отражает один из этапов продвижения Северной ВЗ к северу. Рифты представлены грабенами, ограниченными сбросовыми стенками. (Khodayar, Björnsson, 2018).

Материалы и методы

Морфометрический анализ разломов проводился на основе обработанных данных многолучевой батиметрии южной части хребта Кольбенсей и окрестностей [Kolbeinseyjarhryggur…, 2004] с разрешением 20 м. Анализ проводился с использованием ArcGIS 10.5.

В качестве морфометрических параметров сбросов в соответствии с методикой [Кохан, Дубинин, 2017] были выбраны горизонтальная амплитуда (Га), вертикальная амплитуда (Ва), максимальный видимый угол падения сместителя (П), видимая длина разломов (Д) и расстояние между сбросами (Р), значения которых изменяются в зависимости от кинематики разломной зоны и геодинамических условий. Для оценки уровня тектонических напряжений был использован показатель $\varepsilon = Га_{ср}/Р_{ср}$, косвенно отражающий интенсивность тектонических движений, их соотношение с магматизмом и особенности глубинного строения и реологии литосферы.

Для оценки влияния на морфологию сбросов в пределах различных структур экзогенных процессов была использована методика [Hilley et al., 2010]. Согласно ей, морфологический возраст (Мв), то есть степень зрелости, разлома зависит от максимальной продольной кривизны поверхности сместителя и определяется из соотношения, описывающего изменение кривизны по профилю склона во времени:

$$\frac{\partial^2 z}{\partial^2 X} = \frac{-Га * Ва}{4 * Мв * \sqrt{\pi * Мв}} \exp\left(-\frac{Га^2}{4 * Мв}\right),$$

где $\partial^2 z/\partial^2 x$ – продольная кривизна поверхности сместителя. Однако морфологический возраст показывает объём снесённого материала с поперечного сечения разлома и в значительной степени может варьироваться в зависимости от изначального угла падения сместителя и вертикальной амплитуды разлома. Поэтому для сравнения степени зрелости разломов в пределах разных структур были использованы непосредственно максимальные значения продольной кривизны поверхности (Пк).

Факторы структурообразования в пределах ТЗ Тьёрнес по результатам морфометрического анализа

В пределах ТЗ Тьёрнес были рассмотрены южная часть хребта Кольбенсей в районе его сочленения с КР Гримсей (к югу от о. Кольбенсей) с редуцированным магматизмом, рифт Эйяфьярдараудль и КР Гримсей с прилегающим с юга рифтом Скьяулфанди, а также прилегающий с севера южный участок хребта Кольбенсей. Всего было проанализировано 410

разломов (рис. 2, табл. 1). Анализ проводился с учётом принадлежности разломов к определённым структурам и их флангам (последнее не отображено в таблице).

Показатели вертикальной амплитуды сбросов являются наибольшими в пределах хр. Кольбенсей. Вероятнее всего, это является следствием сосредоточения деформаций в узкой (не более 6 км) неовулканической зоне, тогда как в остальных случаях имеет место их распределение по всей ширине структуры, в пределах 20 км и более.

К югу от о. Кольбенсей длина сбросов и угол падения их сместителя уменьшаются, а их горизонтальные амплитуды и морфологический возраст увеличиваются, что свидетельствует о снижении тектоно-магматической активности при продвижении на юг хребта: часть напряжений, вероятно, аккомодируется северным сегментом КР Гримсей. Общее снижение тектоно-магматической активности происходит в основном за счёт уменьшения вулканической активности, о чём свидетельствуют значения показателя ε при сохранении схожих параметров тектонической активности.

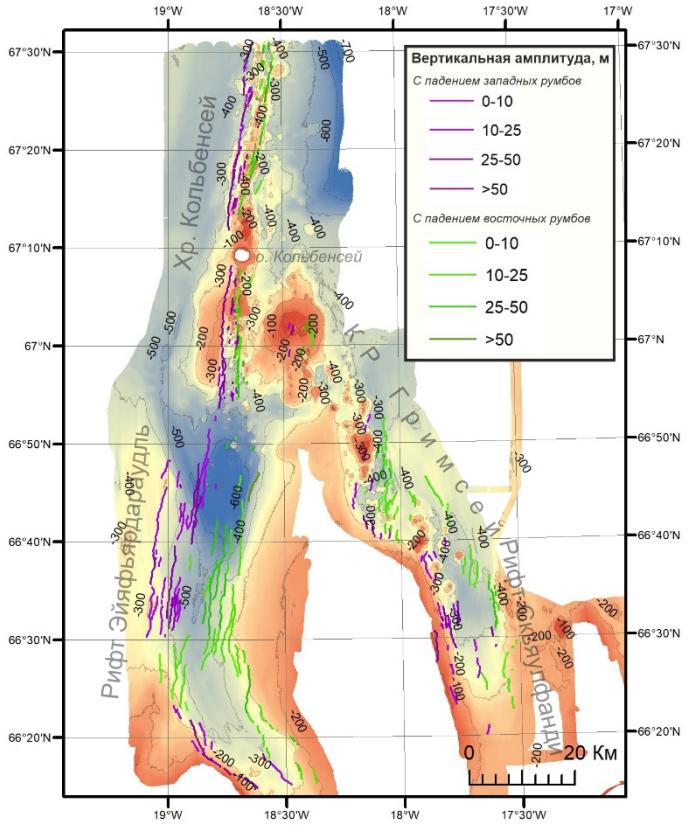


Рис. 2. Сбросы ТЗ Тьёрнес, использовавшиеся для морфометрического анализа

Структура	Кол-во	Га, м	Ва, м	П, °	Д, км	Р, м	ε	Пк	Мв, $м^2$
Хр. Кольбенсей	63	50	29	43	1,8	302	0,17	6,2	62
Хр. Кольбенсей (к югу от о. Колбенсей)	68	59	29	37	1,5	270	0,22	5,2	108
Рифт Эйяфьярдараудль	107	88	23	28	4	552	0,16	3,2	140
Косой рифт Гримсей	104	64	17	31	1,9	414	0,16	3,9	111

Рифт Скьяулфанди	68	66	18	25	2	476	0,14	2,6	217

Табл. 1. Морфометрические параметры сбросов ТЗ Тьёрнес

В пределах рифта Эйяфьярдараудль значительно увеличиваются такие показатели, как горизонтальная амплитуда и длина разломов и уменьшаются углы падения сместителя и вертикальные амплитуды, что отражает затухающую тектоническую активность и значительное преобразование структур экзогенными процессами. Снижение тектонической активности показывают низкие значения тектонических напряжений и высокая степень зрелости рельефа по сравнению с хр. Кольбенсей.

По показателям тектонических напряжений, вертикальных амплитуд и падения сбросов прослеживается асимметрия с преобладанием растяжения на западном фланге рифта. Вместе с тем, сбросы восточного фланга имеют меньшие показатели зрелости рельефа, что может объясняться реактивацией сбросов, происходящей за счёт вращения микроплиты Гримсей-Тьёрнес. Схожие показатели наблюдаются и у рифта Скьяулфанди.

Значительная часть сбросов КР Гримсей относится к восточному флангу структуры, однако показатели их вертикальной амплитуды и тектонических напряжений меньше, что свидетельствует о больших значениях напряжений растяжения на западном фланге. Относительно низкие значения тектонических напряжений объясняются аккомодацией напряжений сдвиговой компонентой и вулканизмом на КР Гримсей.

По показателям морфологического возраста, вертикальных и горизонтальных смещений сбросы косого рифта близки к рифту Эйяфьярдараудль. Однако значительные различия наблюдаются в морфологическом возрасте сбросов. Разломы КР Гримсей имеют меньшую зрелость рельефа, чем разломы рифтов, но по сравнению с хребтом Кольбенсей являются более зрелыми, что отражает меньшую тектоническую активность в противовес вулканической.

В целом, разломообразование в пределах ТЗ Тьёрнес зависит не столько от кинематики отдельных структур, сколько от современных показателей магмоснабжения, ширины зоны прогрева и унаследованных напряжений на отмирающих рифтах, связанных с вращением микроплиты. Структуры сложноустроенной ТЗ Тьёрнес имеют разные стадии зрелости своего рельефа, что является прямым отражением современной динамики их тектоно-магматической активности.

Заключение

По результатам морфометрического анализа структуры в пределах ТЗ Тьёрнес могут быть отнесены к нескольким стадиям развития, также описанные структуры чётко могут быть разделены по соотношению тектонической и магматической активности. Наиболее активно формирующейся структурой является южная часть хр. Кольбенсей, в том числе и его южная часть с редуцированным магматизмом. К югу деформации распределяются по рифтам Эйяфьярдараудль и Скьяулфанди и КР Гримсей, в отличие от хребта Кольбенсей, где все они сосредоточены в неовулканической зоне, что и определяет меньшую активность каждой отдельной структуры. Эти амагматические рифты являются отмирающими структурами, что выражается в низких показателях *Пк* и отсутствии магматизма, тогда как КР Гримсей находится на ранних стадиях своего формирования, что выражается в наличии большого количества незрелых, относительно длинных разломов с малыми значениями вертикальной амплитуды. Кроме того, значительная часть напряжений на косом рифте аккомодируется и за счёт вулканизма, что проявляется и в рельефе в виде большого количества крупных

вулканических построек.

Таким образом, современное разломообразование в пределах описанных структур определяется общей тектоно-магматической активностью, соотношением тектонической и магматической составляющей в формировании структур, шириной зоны деформаций и степенью зрелости каждой структуры.

Список литературы

Кохан А. В., Дубинин Е. П. Особенности морфоструктурной сегментации рифтовой зоны Юго-Восточного Индийского хребта в районах мантийных термических аномалий // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 5. География. – 2017. – №6. – С. 44-54.

Hilley G. E., DeLong S., Prentice C., Blisniuk K., Arrowsmith J. R. Morphologic dating of fault scarps using airborne laser swath mapping (ALSM) data // Geophysical Research Letters. – 2010. – Vol. 37.

Khodayar M., Björnsson S. Structures and Styles of Deformation in Rift, Ridge, Transform Zone, Oblique Rift and a Microplate Offshore/Onshore North Iceland // International Journal of Geosciences. – 2018. – Vol. 9. – P. 461-511.

Kolbeinseyjarhryggur and adjacent area / Multibeam measurements. Project of Marine and Freshwater Research Institute in Iceland. – 2004. – [Электронный ресурс]. – URL: https://www.hafogvatn.is. – Дата обращения: 01.10.2020.

Metzger S., Jónsson S., Danielsen G., Hreinsdóttir H., Jouanne F., Giardini D., Villemin T. Present kinematics of the Tjörnes Fracture Zone, North Iceland, from campaign and continuous GPS measurements // Geophys. J. Int. – 2013. – Vol. 192. – P. 441–455.

УДК 550.3 + 551.24

СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДЕФОРМАЦИИ, СВЯЗАННЫЕ С СЕРИЕЙ СИЛЬНЕЙШИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ЧИЛИЙСКОЙ ЗОНЫ СУБДУКЦИИ В НАЧАЛЕ XXI В.

SEISMOTECTONIC DEFORMATIONS RELATED TO THE SERIES OF THE STRONGEST EARTHQUAKES IN THE CHILEAN SUBDUCTION ZONE AT THE BEGINNING OF THE XXI CENTURY

Владимирова Ирина Сергеевна[1,2], Габсатаров Юрий Владимирович[1,2], Лобковский Леопольд Исаевич[1,3]

[1] Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), Долгопрудный

[2] Федеральный исследовательский центр "Единая геофизическая служба РАН", Обнинск

[3] Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, Москва

Vladimirova Irina Sergeevna[1,2], Gabsatarov Yurii Vladimirovich[1,2], Lobkovsky Leopold Isaevich[1,3]

1 Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University), Dolgoprudny

2 Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Obninsk

3 Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences, Moscow

Введение

Сейсмическая активность в различных сейсмогенных зонах, в том числе и в зонах субдукции, имеет тенденцию к периодическим изменениям во времени. Так, периоды относительного сейсмического затишья, когда уровень сейсмической активности снижается по сравнению со средним фоном, сменяются периодами повышенной сейсмической активности, когда в том или ином регионе земного шара происходит целая серия сильнейших землетрясений.

Побережье Чили входит в число наиболее сейсмически и тектонически активных регионов на периферии Тихого океана. В начале XXI в. произошел очередной этап активизации Перуанско-Чилийской зоны субдукции. Так, только за предыдущее десятилетие в центральной и северной частях Чили произошло три сильных цунамигенных землетрясения: землетрясение Мауле 27 февраля 2010 г. (Mw=8.8), землетрясение Икике 1 апреля 2014 г. (Mw=8.1) и землетрясение Ильяпель 16 сентября 2015 г. (Mw=8.3) [Ruiz and Madariaga, 2018].

Механизмы очагов всех указанных выше землетрясений представляют собой пологий надвиг с падением в сторону континента (рис. 1а), что соответствует условиями сжатия, типичным для конвергентной границы литосферных плит. В пределах очагов исследуемых землетрясений и прежде реализовывались столь же сильные сейсмические события, причем периоды их повторяемости варьируют от 63 до 175 лет (рис. 1б). В данной работе проводится комплексный анализ всей совокупности спутниковых геодезических, сейсмологических и геолого-тектонических данных в центральной и северной частях Перуанско-Чилийской зоны субдукции с целью исследования динамики сейсмического процесса в целом, а также выявления взаимосвязи сильных землетрясений, происходящих на больших расстояниях в пределах одной субдукционной зоны.

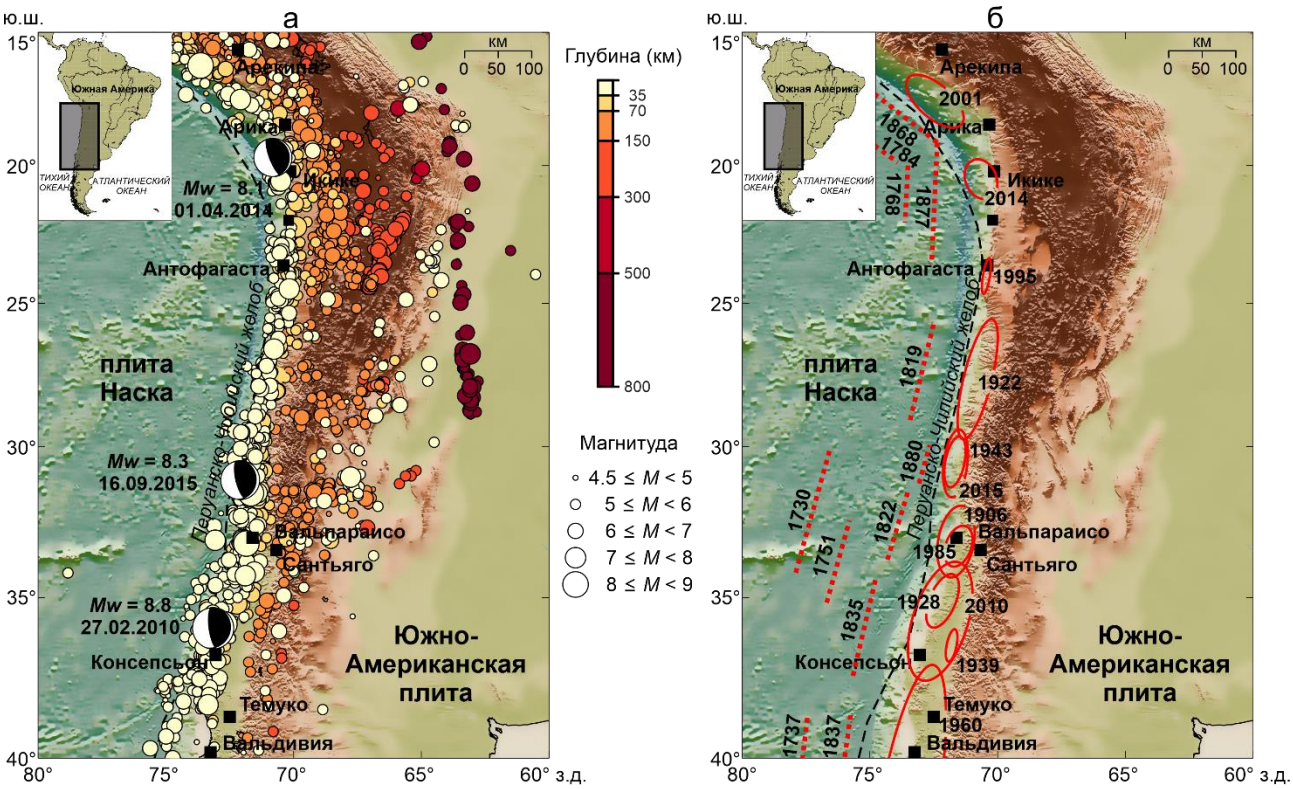


Рис 1. (а) Сейсмическая активность Чилийской зоны субдукции в период с 01/01/1976 по настоящее время (по данным каталога GCMT [Ekström et al., 2012]). (б) Очаги сильнейших землетрясений с M ≥ 8. Эллипсами показаны очаги событий XX–XXI в., пунктирными линиями – длины разломных зон сильнейших исторических событий.

Данные и методы

Для качественного и количественного анализа деформационных процессов, связанных с тремя сильнейшими землетрясениями Чилийской зоны субдукции в начале XXI в. в данной работе временные ряды станций наблюдений в Чилийской зоне субдукции, предоставленные Геодезической обсерваторией Невады [Blewitt et al., 2018].

Для оценки геометрических параметров очаговых областей исследуемых событий выполнена идентификация их афтершоков (рис. 2а,в,д) с использованием кластерного метода [Смирнов, 2009].

На основе данных о косейсмических смещениях во время землетрясений Мауле 2010 г., Икике 2014 г. и Ильяпель 2015 г. построены модели распределенной подвижки в их очагах (рис. 2б,г,е). Полученные распределения подвижек по разрыву являются результатом решения обратной задачи, сводящейся к минимизации невязок между измеренными спутниковыми методами и смоделированными косейсмическими смещениями. Для численного моделирования статических смещений земной поверхности используется радиально неоднородное распределение упругих модулей в коре и верхней мантии, задаваемое моделью PREM [Dziewonski and Anderson, 1981].

Результаты моделирования

Для событий 2010 и 2015 гг. отмечается билатеральное развитие сейсморазрывов итоговой протяженностью 600 и 250 км соответственно. Отличительной особенностью события 2014 г. является преимущественно однонаправленное распространение разрыва, длина которого составила менее 200 км вместо ожидаемых 600 км. Величины максимальных смещений в очагах во всех трех случаях лежат в пределах от 6 до 12 м.

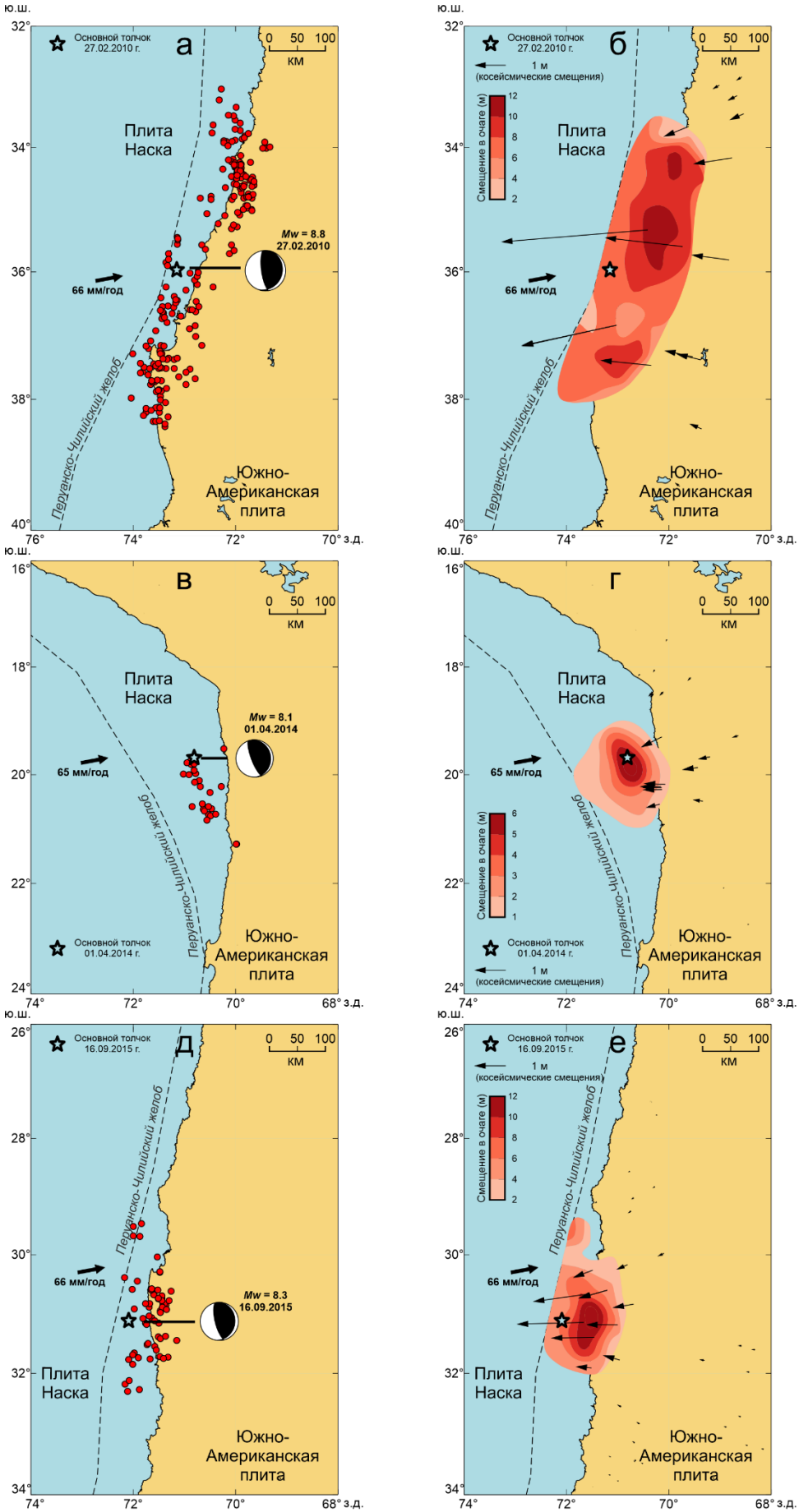


Рис. 2. Распределение афтершоков и сейсмических подвижек в плоскостях очагов субдукционных землетрясений Мауле (а,б), Икике (в,г) и Ильяпель (д,е). Черными стрелками показаны косейсмические смещения, зарегистрированные во время землетрясений.

На основе полученных распределений подвижек в очагах были получены прямые оценки скалярного сейсмического момента, выделившегося во время землетрясений, при условии, что модуль сдвига горных пород, слагающих литосферу Чилийской зоны субдукции, равен 40 ГПа. Можно отметить общее согласие оценок скалярного сейсмического момента и магнитуды всех трех землетрясений с аналогичными оценками, полученными по сейсмологическим данным. (табл. 1).

Таблица 1. Энергетические характеристики землетрясений Мауле, Икике и Ильяпель

Источник данных	Землетрясение Мауле (Mw = 8.8) 27.02.2010 г.		Землетрясение Икике (Mw = 8.1) 01.04.2014 г.		Землетрясение Ильяпель (Mw = 8.3) 16.09.2015 г.	
	M_0, Н·м	Магнитуда	M_0, Н·м	Магнитуда	M_0, Н·м	Магнитуда
USGS [Hayes et al, 2017]	2.26×10^{22}	8.84	2.35×10^{21}	8.18	3.19×10^{21}	8.27
Данная работа	1.84×10^{22}	8.78	2.69×10^{21}	8.22	2.99×10^{21}	8.25

Заключение

Проведенное исследование позволяет сделать выводы о неравномерности развития сейсмического режима во времени в пределах Чилийской зоны субдукции в целом. Выявленные особенности распределения подвижек в очагах свидетельствуют о возможных структурных неоднородностях Чилийской зоны субдукции. Установлено общее согласие полученных параметров очагов землетрясений с особенностями геолого-тектонического строения региона.

Благодарность

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект № 20-17-00140).

Список литературы

Ruiz S.A, Madariaga R. Historical and recent large megathrust earthquakes in Chile // Tectonophysics. – 2018. – V. 733. – P. 37–56.

Ekström G., Nettles M., Dziewonski A.M., The global CMT project 2004-2010: Centroid-moment tensors for 13,017 earthquakes // Phys. Earth Planet. Inter. – 2012. – V. 200–201. – P. 1–9.

Blewitt G. W., Hammond C., Kreemer C. Harnessing the GPS data explosion for interdisciplinary science // EOS 99, 2018. https://doi.org/10.1029/2018EO104623.

*Смирнов В.*Б. Прогностические аномалии сейсмического режима. I. Методические основы подготовки исходных данных // Геофизические исследования. – 2009. – Т. 10. – № 2. – С. 7–22.

Dziewonski A.M., Anderson D.L. Preliminary reference Earth model // Phys. Earth Planet. Inter. – 1981. – V. 25. – P. 297–356.

Hayes G.P., Myers E.K., Dewey J.W., Briggs R.W., Earle P.S., Benz H.M., Smoczyk G.M., Flamme H.E., Barnhart W.D., Gold R.D., Furlong K.P. Tectonic summaries of magnitude 7 and greater earthquakes from 2000 to 2015: U.S. Geological Survey Open-File Report 2016–1192. – 2017. – 148 p.

УДК 528+550.837+553.98

ОПЕРАТИВНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ УЧАСТКА РАСПОЛОЖЕНИЯ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНА ДАШЛЫ В АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ АКВАТОРИИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ.

OPERATIONAL SURVEY OF THE SITE OF THE DASHLY MUD VOLCANO IN THE AZERBAIJANI WATER AREA OF THE CASPIAN SEA.

Якимчук Николай Андреевич[1], Корчагин Игнат Николаевич[2]
[1]ООО «Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии», Киев
[2]Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Киев

Yakymchuk Nykolay Andreevych[1], Korchagin Ignat Nykolayevych[2]
[1]Institute of Applied Problems of Ecology, Geophysics and Geochemistry, Kyiv
[2]Institute of Geophysics, NAS of Ukraine, Kyiv

Введение

Мобильная технология частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков предоставляет возможность оперативно проводить рекогносцировочное и детальное обследование локальных участков и крупных площадей в различных регионах земного шара. В докладе представлены материалы оперативно проведенных рекогносцировочных исследований на участке расположения вулканического комплекса Дашлы в Каспийском море, на котором 4 июля 2021 г. произошел мощный взрыв.

Методы исследований

Экспериментальные исследования рекогносцировочные характера проводятся с использованием мало-затратной прямопоисковой технологии, включающей модифицированные методы частотно-резонансной обработки и декодирования спутниковых и фото снимков, вертикального электрорезонансного зондирования (сканирования) разреза и методики интегральной оценки перспектив нефтегазоносности (рудоносности) крупных поисковых блоков и локальных участков [Якимчук и др., 2019]. В модифицированных версиях обработки спутниковых снимков, а также вертикального сканирования разреза используются существующие базы (наборы, коллекции) осадочных, метаморфических и магматических пород (http://rockref.vsegei.ru/petro/), минералов и химических элементов. Особенности и возможности использованных методов, а также методика проведения измерений описаны более подробно в [Якимчук и др., 2019; Якимчук, Корчагин, 2019; 2020].

Результаты рекогносцировочных исследований

Сведения о взрыве на вулкане Дашлы в Каспийском море приводятся во многих информационных сообщениях, в том числе и в [В Каспийском…, Large…, Mark…].

Экспериментальные исследования на участке расположения вулканической структуры начались с частотно-резонансной обработки фрагмента фотоизображения вулкана с летательного аппарата (рис. 1, фрагмент в прямоугольном контуре). В процессе обработки фотоизображения с поверхности зарегистрированы отклики от нефти, конденсата, газа, метаноокисляющих бактерий, фосфора желтого, мертвой воды, соли калийно-магниевой.

В пределах вулкана установлено наличие вулканического комплекса с корнем на глубине 470 км, заполненного 7-ой группой осадочных пород (известняки).

На глубине 57 км получены отклики от нефти и живой воды. Отклики от мертвой воды зарегистрированы на глубине 59 км. На поверхностях 46 и 48 км отклики от мертвой воды отсутствовали. На глубине 46 не фиксировались также сигналы от живой воды.

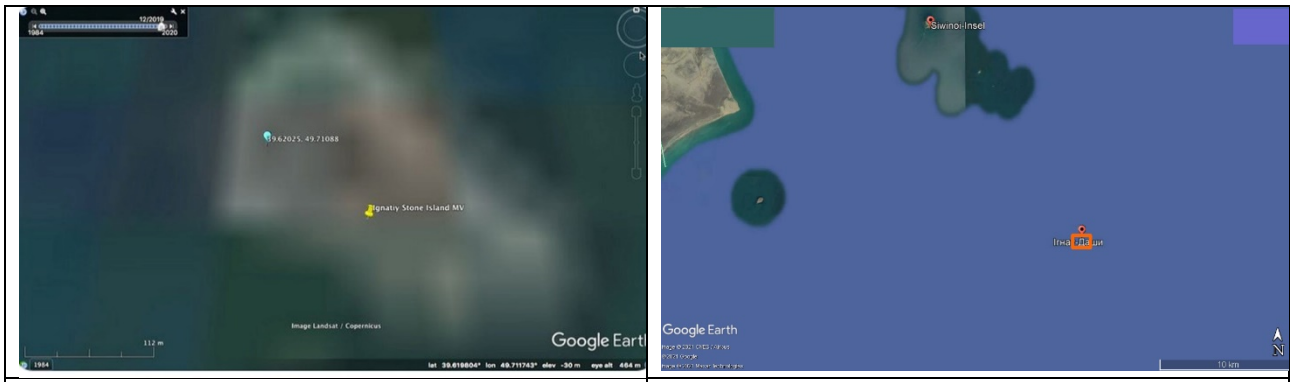
На поверхности 0 м из верхней части разреза зафиксированы отклики от газа и фосфора (желтый), что свидетельствует об их миграции в атмосферу.

Сканированием разреза з поверхности с шагами 10 см и 1 м отклики от газа зафиксированы из двух интервалов – 83-2215 м и 3380-3670 м (до 5 км прослежено). Дополнительным сканированием с 3900 м, шаг 10 см, отклики от газа зафиксированы из интервала 3900-4058 м.



Рис. 1. Фотоизображение вулканического комплекса Дашлы [В Каспийском…].

На втором этапе экспериментов обработан спутниковый снимок вулкана на рис. 2а, размещенного на сайте [Mark…]. Здесь также зарегистрированы сигналы от нефти, конденсата, газа, бактерий, фосфора (желтого), мертвой воды и известняков (7-ая группа осадочных пород). Корень заполненного известняками вулкана определен на глубине 470 км.



а) *б)*

Рис. 2. Спутниковые снимки участка (а) [Mark…] и района (б) расположения вулканического комплекса Дашлы в Каспийском море.

На поверхности 57 км зафиксированы отклики от нефти, конденсата, газа и живой воды (слабой интенсивности). Отклики от мертвой воды зарегистрированы на глубине 59 км.

Фиксацией откликов на поверхности 0 м из верхней части разреза подтверждена миграция водорода и фосфора (желтого) в атмосферу.

Сканированием разреза с поверхности, шаги 1 см и 1 мм отклики от метаноокисляющих бактерий фиксировались до глубины 540 см. На поверхности 540 см отклики от бактерий из нижней части разреза не получены.

В процессе сканирования разреза с поверхности, шаг 10 см отклики на частотах газа начали фиксироваться с 90 м и зарегистрированы сканированием с шагом 1 м из интервалов 90-2120 м и 3900-4030 м (прослежено до 5 км). Дополнительным сканированием с 3300 м, шаг 10 см отклики от газа получены также из интервала 3394-3645 м.

С целью контроля проведена также обработка фрагмента спутникового снимка, обозначенного на рис. 2б прямоугольным контуром. Здесь также с поверхности

зарегистрированы сигналы на частотах нефти, конденсата, газа, бактерий, фосфора (желтый), мертвой воды, соли калийно-магниевой и осадочных пород 7-ой группы (известняки).

На рис. 3 представлен спутниковый снимок юго-западной части Каспийского моря, на котором показано положение обнаруженных в этом районе грязевых вулканов [Mark…]. Прямоугольными контурами на снимке обозначены фрагменты, в пределах которых проведено рекогносцировочное обследования с целью изучения особенностей глубинного строения расположенных там вулканических структур. Результаты проведенных инструментальных измерений сводятся к следующему.



Рис. 3. Грязевые вулканы в юго-западной части Каспийского моря на спутниковой снимке региона [Mark…].

Фрагмент 1. При обработке снимка с поверхности зафиксированы отклики от нефти, конденсата, газа, фосфора (желтого), соли калийно-магниевой, мертвой воды и осадочных пород 7-ой (известняки) группы. На глубине 57 км зарегистрированы отклики от нефти, конденсата, газа, ртути, а на глубине 59 км – от железа. На поверхности 0 м получены отклики от газа и фосфора из верхней части разреза, что свидетельствует об их миграции в атмосферу.

Фрагмент 2. В процессе обработки фрагмента снимка получены отклики от конденсата, газа, фосфора (белого и желтого), мертвой воды, соли калийно-магниевой, соли натрий-хлористой, осадочных пород 7-ой (известняки) и 8-ой (доломиты) групп.

Фиксацией откликов на различных глубинах корень соляного вулкана определен на глубине 470 км, а вулкана известняков – на глубине 723 км.

На глубине синтеза УВ 57 км отклики от газа получены из соли, а также из известняков.

На поверхности 0 м получены отклики от газа и фосфора (белого и желтого) из верхней части разреза, что свидетельствует об их миграции в атмосферу.

Фрагмент 3. В пределах третьего участка зарегистрированы сигналы от нефти, конденсата, газа, янтаря, углекислого газа, фосфора (желтый), горючего сланца, антрацита, мертвой воды, соли калийно-магниевой и 1-6 групп осадочных пород. Отклики от бактерий, соли натрий-хлористой, и магматических пород не получены. Корень вулкана 1-6 групп осадочных пород определен на глубине 470 км.

Отклики от нефти, конденсата, газа и янтаря зафиксированы на поверхности синтеза УВ 57 км. Установлены также факты миграции газа и фосфора (желтого) в атмосферу.

Фрагмент 4. На участке обследования зафиксированы сигналы от нефти, конденсата, газа, янтаря, углекислого газа, фосфора (желтый), мертвой воды, соли калийно-магниевой и 1-6 групп осадочных пород. Отклики от бактерий, соли натрий-хлористой, и магматических пород не получены. Корень вулкана 1-6 групп осадочных пород определен на глубине 470 км.

На поверхности синтеза УВ 57 км зафиксированы отклики от нефти, конденсата, газа и янтаря. Миграция газа и фосфора (желтого) в атмосферу отсутствует.

Фрагмент 5. В пределах пятого участка зарегистрированы сигналы от нефти, конденсата, газа, янтаря, углекислого газа, фосфора (желтый), горючего сланца, антрацита, газогидратов, мертвой воды, соли калийно-магниевой и 1-6 групп осадочных пород. Отклики от бактерий, соли натрий-хлористой, и магматических пород не получены. Корень вулкана 1-6 групп осадочных пород определен на глубине 470 км.

Отклики от нефти, конденсата, газа и янтаря зафиксированы на поверхности синтеза УВ 57 км. На глубине 59 км получены отклики от углекислого газа. Установлены также факты миграции газа, фосфора (желтого) и углекислого газа в атмосферу.

Фрагмент 6. На участке зарегистрированы сигналы от нефти, конденсата, газа, фосфора (желтый), мертвой воды, соли калийно-магниевой и 7-ой группы осадочных пород (известняки). Отклики от янтаря, углекислого газа, бактерий, соли натрий-хлористой и магматических пород не получены. Фиксацией откликов на различных глубинах (50, 99, 218, 480, 722, 724 км) корень вулкана известняков определен на глубине 723 км.

На поверхности синтеза УВ 57 км зафиксированы отклики от нефти конденсата и газа. Сигналы от углекислого газа отсутствовали на глубинах 57 и 59 км.

Факт миграции газа и фосфора (желтый) в атмосферу измерениями не подтвержден.

Заключение

Материалы экспериментальных исследований на участке расположения вулкана Дашлы Каспийском море, показывают, что вулканический комплекс заполнен осадочными породами 7-ой группы (известняки), а его корень расположен на глубине 470 км. В вулкане на поверхности 57 км существуют условия для синтеза нефти, конденсата и газа. Отклики от углеводородов зафиксированы также с поверхности. Сканированием разреза с поверхности до 5 км на участке обследования выделены три интервала, перспективных для поисков газа. Инструментальными измерениями подтвержден факт миграции газа и фосфора в атмосферу. Сканированием разреза отклики от метаноокисляющих бактерий фиксировались до 540 см.

На дополнительно обследованных шести участках расположения грязевых вулканов в юго-западной части Каспийского моря с поверхности зарегистрированы отклики на частотах нефти, конденсата и газа. В пределах вулканических структур, заполненных осадочными породами 1-6 групп, зарегистрированы также отклики на частотах янтаря. В пределах четырех из шести обследованных участков установлены факты миграции газа и фосфора в атмосферу. На трех участках зафиксированы вулканические комплексы известняков с корнями на глубинах 470 км и 723 км, еще на трех – вулканы 1-6 групп осадочных пород, а также дополнительно на одном из участков соляной вулкан с корнем на глубине 470 км.

Список литературы

В Каспийском море произошло извержение грязевого вулкана. https://nplus1.ru/news/2021/07/05/caspian-mud-volcano

Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Бахмутов В.Г., Соловьев В.Д. Геофизические исследования в Украинской морской антарктической экспедиции 2018 г.: мобильная измерительная аппаратура, инновационные прямопоисковые методы, новые результаты. Геоінформатика. 2019. № 1. С. 5-27.

Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Технология частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ: результаты практической апробации при поисках полезных ископаемых в различных регионах земного шара. Часть I. Геоінформатика. 2019. № 3. С. 29-51. Часть II. Геоінформатика. 2019. № 4. С. 30-58. Часть III. Геоінформатика. 2020. № 1. С. 19-41. Часть IV. Геоінформатика. 2020. № 3. С. 29-62.

Large Explosion Reported Near Oil Field In The Caspian Sea Caused By A Mud Volcano. https://www.forbes.com/sites/davidbressan/2021/07/05/large-explosion-reported-near-oil-field-in-the-caspian-sea-caused-by-a-mud-volcano/?sh=3abed77f6437

Mark Tingay. https://twitter.com/CriticalStress_/status/1413392849844854788/photo/2

УДК 551.24, 551.4

ТРЕЩИНОВАТОСТЬ ГЕРАКЛЕЙСКОГО ПЛАТО (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ): СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И КОМПЛЕКСНЫЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

FRACTURING OF THE HERACLES PLATEAU (SOUTH-WESTERN CRIMEA): STRUCTURAL-GEOMORPHOLOGICAL ANALYSIS AND COMPLEX GEOLOGICAL-GEOPHYSICAL RESEARCH

Косевич Наталья Игоревна, Крылов Олег Владимирович, Лубнина Наталия Валерьевна, Брянцева Галина Владимировна, Владов Михаил Львович, Модин Игорь Николаевич, Паленов Андрей Юрьевич, Скобелев Алексей Денисович
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Kosevich N.I., Krylov O.V., Lubnina N.V., Bryantseva G.V., Vladov M.L., Modin I.N., Palenov A.Yu., Skobelev A.D.
M.V. Lomonosov Moscow State University, Department of Geology

Введение

Крымский полуостров в настоящее время является полигоном комплексных геологических и геофизических исследований по изучению трещиноватости в юрско-неогеновых породах Гераклейского плато полевыми отрядами геологического факультета МГУ и Филиала МГУ в г. Севастополе. Основным объектом изучения являлась зона Георгиевского разлома и оперяющие тектонические нарушения. В рамках работ 2016–2020 гг. проводились структурно-геоморфологические и геофизические исследования, включающие как морские сейсмические и магнитометрические, так и наземные электротомографические, гравиметрические и магнитометрические работы.

Данные и методы

Структурно-геоморфологический анализ юго-западного побережья Крыма с выделением новейших конэрозионных и разрывных структур проводился на основе методики, разработанной Н.П. Костенко [Костенко, 1999]. Дешифрирование топографических карт разного масштаба позволяет выявить деформации земной коры, которые образовались в неотектонический этап развития и проявленные в различных формах рельефа. Целью *наземных и морских геофизических работ* являлось исследование проявленности в геофизических полях разломных нарушений на мысе Фиолент. Съемка методами морской геофизики (*магниторазведка и непрерывное сейсмопрофилирование*) была проведена вокруг мыса Фиолент от мыса Виноградного на западе до мыса Ая-Бурун на востоке, общая длина профиля составила более 6,5 км. В восточной части профиля, напротив Георгиевского монастыря, было выполнено еще несколько профилей длиной до полутора километров несколько мористее. Вариации геомагнитного поля во время работ регистрировались на полевой МВС, установленной на мысе Фиолент (работы в 2017 г. были организованы А.В. Кошурниковым [Береговые…, 2018]). К сожалению, направление и положение основного разломного нарушения на м. Фиолент, являющегося границей Центрального и Юго-Восточного сегментов и имеющего северо-восточное простирание, не позволило исследовать

его непосредственно, и все наземные работы проводились лишь на небольшом его отрезке и на второстепенном оперяющем нарушении северо-западного простирания. Комплексные геофизические исследования, включающие в себя гравиразведку, магниторазведку и электротомографию, выполнялись по профилю северо-восточного направления и проходящему под небольшим углом к разлому, выявленному при анализе рельефа и вкрест простирания крупной балки, наследующей зону трещиноватости.

Результаты исследований и их обсуждение.

В рамках настоящего исследования комплексирование структурно-геоморфологических и геофизических работ Гераклейского плато позволило получить ряд интересных результатов. На детальной структурно-геоморфологической схеме Гераклейского полуострова (рис. 1.), построенной по результатам дешифрирования топографических карт разного масштаба с привлечением различных геологических материалов, видно блоковое строение территории. Формы рельефа определяются, преимущественно древней системой преимущественно диагональных разрывов, в основном северо-восточного простирания, с подчиненным значением субширотных и субмеридиональных, активизированных в настоящее время.

.

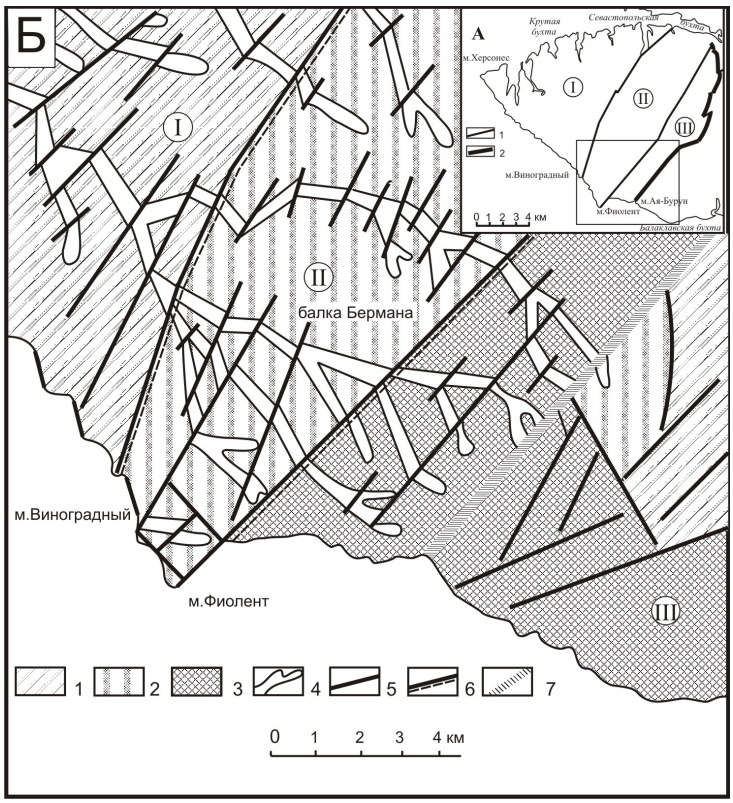


Рис.1. Схема расположения района исследования (А): 1 – границы структур, 2 – зона Георгиевского разлома. Цифрами на схеме показаны: I – Западный сегмент, II – Центральный сегмент, III – Юго-Восточный сегмент; Б – Структурно-геоморфологическая карта мыса Фиолент и прилегающих территорий: Суммарные конэрозионные поднятия в м: 1 – до 100, 2 – 100-200, 3 – более 200 м; 4 – овражно-балочная сеть; 5 – разрывы и зоны трещиноватости; 6 границы структур 1 порядка, 7 – зона Георгиевского разлома. Цифрами на карте обозначены: I – Западный сегмент; II- Центральный сегмент; III – Юго-Восточный сегмент

Границами структур первого порядка являются крупные протяженные разрывные нарушения ССВ простирания. Известняки миоцена, бронирующие рельеф, разбиты системой трещин, которые разрабатываются овражно-балочной сетью. В Центральном секторе широкое развитие имеет зона тектонических нарушений восток-северо-восточного простирания. Многочисленные трещины значительно деформируют долины оврагов и балок, изменяя их

простирание. Особенно густая сеть разрывов наблюдается к северу и северо-востоку от мыса Фиолент. Она фиксирует, вероятно, неотектонические движения в пределах расположенной под мел-кайнозойскими отложениями Предгорной сутуры, которая трактуется В.В. Юдиным [Юдин, 2011], как коллизионный шов от поглощения океанической коры древнего океана Мезотетис.

Зоны трещиноватости субширотной и ЗСЗ ориентировки имеют незначительное распространение в районе мыса Фиолет, а небольшая балка субширотного простирания деформирована. Выделяется крупная зона трещиноватости северо-восточного простирания, берущая начало от мыса Фиолент. Она является границей двух сегментов - Центрального с рельефом, значительно расчлененным овражно-балочной сетью и Юго-Восточного - с высотами более 250 м, где расчленение практически отсутствует. Простирание трещин меняется на северо-восточное. Эта часть Гераклейского плато, скорее всего, расположена в зоне влияния Георгиевского разлома представляющего собой довольно широкую, хорошо выраженную в рельефе зону эшелонированных тектонических нарушений [Иванов и др., 2009].

Геофизические исследования, проведенные на м. Фиолент и в пределах акватории, позволили установить, что понижение в рельефе пространственно и азимутально совпадает с положением зоны трещиноватости северо-западного простирания, которая выражена в рельефе в виде оврага на структурно-геоморфологической схеме. Максимум гравитационной аномалии приходится точно на минимум в рельефе, из чего можно предположить развитие плотного интрузивного тела по ослабленной разломной зоне. Минимум магнитного поля смещен к югу относительно центра понижения в рельефе, что может свидетельствовать об существенной остаточной намагниченности интрузивного массива (коэффициент кенигсбергера больше 1), сформированного в эпоху обратной полярности магнитного поля. Также подобная структура магнитного поля полностью подбирается аномалией понижения магнитной восприимчивости в случае намагниченности, индуцированной современным магнитным полем. Зона пониженных магнитных восприимчивостей, в этом случае, пространственно коррелируется с переходом от более высокоомного нижнего слоя к более проводящему, выявленному по данным электротомографии, что может объясняться разломной зоной, смещенной чуть к юго-западу относительно минимума рельефа.

Заключение

Комплексные геолого-геофизические исследования Гераклейского полуострова позволили выделить три системы трещин: субширотную, северо-восточную и север-северо-западную. Показано, что наиболее активными в настоящее время являются зоны трещиноватости СВ простирания.

Анализируя соотношение проявившихся аномалий магнитного поля по результатам наземных и морских работ с структурно-геоморфологической картой можно отметить высокую корреляцию пониженных значений аномального магнитного поля по данным морской магнитной съемки с разломными структурными нарушениями на западе от м. Фиолент. Ситуация вблизи мыса Фиолент достаточно сложная: выявленная на суше отрицательная аномалия трассируется в море с некоторым смещением к западу, что может свидетельствовать либо о небольшом сдвиге по основному разлому юго-восточного блока к юго-западу, либо о падении оперяющего разлома на юго-запад (поскольку гипсометрический уровень магнитной съемки на суше и на море отличается не менее чем на 120 метров).

Зона трещиноватости северо-восточного простирания четко прослежена по отрицательным аномалиям магнитного поля, а также в результате электротомографических и сейсмологических исследований.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-45-920073 р_а «Геодинамические аспекты трещиноватости береговой зоны Севастопольского района юго-западного Крыма: комплексные исследования, мониторинг и техногенные риски».

Список литературы

1. *Иванов В.Е., Ломакин И.Э., Тополюк А.С., Ефимцева Л.Л. Болдырев С.Н.* Особенности тектоники Юго-Западного Крыма // Геология и полезные ископаемые Мирового океана, 2009. № 4. С. 27–39.
2. *Костенко Н.П*. Геоморфология. М.: МГУ. 1999. 394 с.
3. *Промыслова М.Ю., Брянцева Г.В., Демина Л.И., Косевич Н.И.* Новейшие структуры Гераклейского полуострова (Юго-Западный Крым)// Вестн. МГУ. Сер.4, геол. 2019. №2. С. 8-16.
4. *Юдин В.В.* Геодинамика Крыма. Симферополь: ДИАЙПИ. 2011. 333 с.
5. *Береговые процессы: мониторинг и инновационные комплексные исследования*: Учебное пособие / В.С. Исаев, А.В. Кошурников, Е.И. Игнатов, Е.С. Каширина, А.А. Новиков, А.И. Гущин, О.И. Комаров, П.Ю. Пушкарев, М.Л. Владов, П.И. Котов, В.В. Вербовский, Р.М. Аманжуров, Е.И. Горшков; Под редакцией профессора Е.И. Игнатова, доцента В.С. Исаева. - Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2018 – 246 с.

УДК 3179

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МОЗАМБИКСКОГО ХРЕБТА (ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ)

CONDITIONS FOR THE FORMATION OF THE MOZAMBIQUE RIDGE (PHYSICAL MODELLING)

Толстова Анастасия Ильинична[1], Дубинин Евгений Павлович[2], Грохольский Андрей Львович[2]

[1] Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
[2] Музей Землеведения МГУ им. М.В. Ломоносова

Tolstova Anastasia Ilyinichna[1], Dubinin Evgeny Pavlovich[2], Grokholsky Andrei Lvovich[2]

[1] Lomonosov Moscow State University
[2] The Earth Science Museum at Moscow State University

Введение

Работа посвящена выявлению условий формирования Мозамбикского хребта, расположенного в юго-западной части Индийского океана, между мезозойскими океаническими бассейнами: Наталь и Мозамбикским. Хребет представляет собой серию блоковых поднятий, возвышающихся до 3500 м над дном прилегающих котловин. Происхождение Мозабикского хребта до сих пор остается дискуссионным. Одна из наиболее вероятных гипотез предполагает его частичное отделение от окраины Африканского материка в результате деятельности плюма Кару.

Современные исследования показывают, что северо-восточная часть хребта представляет собой утоненную континентальную кору, покрытую осадочным чехлом, в то время, как для его южной части характерно большое количество экструзивных центров, свидетельствующих о повышенной магматической активности [Fisher et al, 2017].

С помощью метода физического моделирования проведены экспериментальные исследования по установлению условий формирования Мозамбикского хребта в результате его частичного отделения от Африканского континента под действием плюма Кару.

Строение Мозамбикского хребта

Мозамбикский хребет представляет собой вытянутую в субмеридиональном направлении структуру, простирающуюся почти параллельно береговой линии юго-восточной части Африки между 25º и 35º ю.ш. Хребет располагается между двумя океаническими бассейнами. Раннемеловой бассейн Наталь, который связан с отделением блока Фолклендского плато от юго-восточной оконечности Африки и раскрытием южной части Атлантики, и верхнеюрский Мозамбикский бассейн, связанный с относительным перемещением Африки, Антарктиды, Мадагаскара и Индии. Морфологически хребет представляет линейную структуру длиной около 1400 км и шириной 160 км на севере и 350 км на юге.

Хребет состоит из 3-х погруженных блоков (северный, центральный и юго-западный), разделенных долинами и депрессиями восточно-западного и северо-западного направления (Рис. 1). Иногда выделяют четвертый блок на юго-востоке хребта, который морфологически менее выражен на фоне остальных.

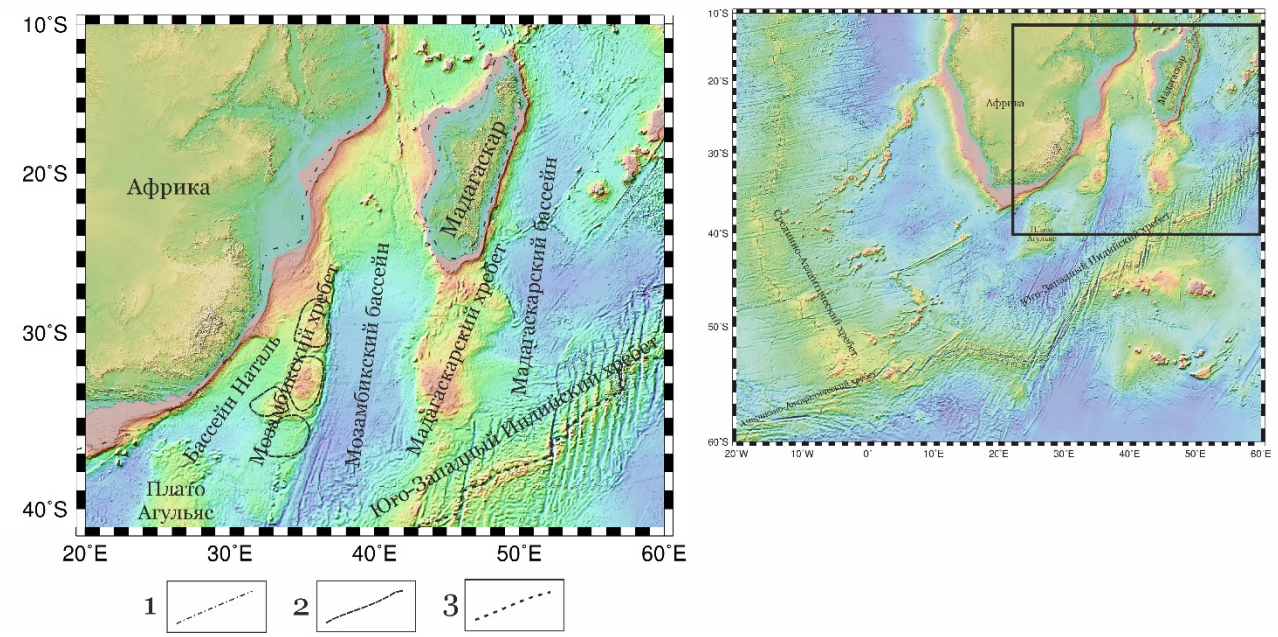


Рис. 1. Батиметрическая карта юго-западной части Индийского океана [Sandwell, 2014]. 1 – граница континентов, 2 – границы поднятий Мозамбикского хребта, 3 – ось Юго-Западного Индийского хребта.

Тектоническая история

Исследования строения Мозамбикского хребта начались еще в 1970-х годах. Тогда же были высказаны первые предположения о том, что Мозамбикский хребет сложен утоненной континентальной корой [Laughton et al., 1970].

Позднее эта гипотеза была подтверждена другими исследованиями [Mougenot et al., 1991, Ben Avraham et al., 1995], на основании изучения образцов пород, отобранных со дна океана, которые имели сходство с архейскими породами Африканского кратона. Хотя не исключена вероятность, что образцы драгированных метапелитов, гнейсов, анортозитов и метагаббро могли быть принесены течением вместе с ледниковыми отложениями Антарктики [Jacques et al., 2019]. Среди драгированных пород было обнаружено свежее вулканическое стекло, которое, по мнению исследователей, могло быть связано с неотектонической активностью.

Веские доказательства вулканической природы хребта были получены в исследованиях Симпсона [Simpson, 1974], который изучил толеитовые базальты мелового возраста. Геофизические данные подтвердили вулканическую природу хребта. Геомагнитные данные также указывают на то, что хребет имеет магматическое происхождение [König and Jokat, 2010]. В дальнейшем появились данные о том, что Мозамбикский хребет находится в изостатическом равновесии с соседней с ним океанической корой при глубине границы Мохо в 22 км. Отсюда последовали предположения об океаническом происхождении этой структуры.

Ряд исследователей предположили, что Мозамбикский хребет является микроконтинентом, отделенным от африканского материка [Marks and Stock, 2001; Marks and Tikku, 2001].

Современные исследования показывают, что северо-восточная часть хребта представляет собой утоненную континентальную кору, покрытую осадочным чехлом, в то время, как для его южной части характерно большое количество экструзивных центров, свидетельствующих об активном магматизме [Fisher et al, 2017]. Этот факт, наряду с результатами сейсмических исследований [Gohl et al., 2011] подтверждает возможность океанического происхождения

южной части Мозамбикского хребта, которая имеет геохимическое сходство с плато, образованными под действием горячих точек в Южной Атлантике [Jacques et al, 2019].

Обоснование начальных условий экспериментов

Сложное гетерогенное строение Африкано-Антарктического блока предопределило геометрию заложения рифтовых зон. Каапвальский кратон состоящий из архейского и палеопротерозойского ядра, окружен более молодыми аккретированными мезопротерозойскими и неопротерозойскими орогенными поясами: Намаква-Наталь и Панафриканским поясом соответственно. Геохимически пояса коррелируют с кратоном Груннегона в Антарктике, который формировался в течение позднего Мезопротерозоя и в Неопротерозойское время.

Пояс Намаква-Наталь был сформирован во время Намакуанской орогении в Мезопротерозое (1235+-9 и 1025+-8 млн лет) [Jacobs et al., 2003]. Восточная часть пояса - пояс Наталь - состоит из магматических пород, сформированных между 1235-1025 млн лет, основное коллизионное событие произошло 1135 млн лет назад.

В Антарктике одновременным произошла мезопротерозойская орогенная и магматическая активность, в результате которой образовался пояс Мод, который датируется 1171+-25 до 1045+-9 млн лет [Jacobs et al., 1998, 2003]. Наиболее вероятно существование единого орогенного пояса Намакуан-Наталь-Мод.

Исходя из особенностей строения Африканского кратона, нами были выбраны участки, имеющие гетерогенное строение и представляющие собой возможные зоны заложения рифтовых зон.

Метод моделирования и результаты

С помощью метода физического моделирования мы провели исследования по выявлению условий формирования Мозамбикского хребта в результате его отделении от гетерогенной коры Африканского континента под действием горячей точки.

Моделирование проводилось на экспериментальной установке, которая представляет собой текстолитовую ванную с поршнем, движущимся с помощью электромеханического привода. Внутри установки располагаются нагревательные элементы, поддерживающие температурное поле вещества, состоящего из смеси твердых и жидких углеводородов (церезина и парафина), минеральных масел и поверхностно активных добавок. Вещество обладает упруго-вязко-пластичными свойствами и обеспечивает выполнение условий подобия [Шеменда, 1983]. Изменение длительности охлаждения модельного вещества обеспечивает различное соотношение толщины хрупко-пластичного слоя литосферы. Важным элементом в постановке задачи для серии экспериментов было установление геометрии формирующихся при расколе трещин и выявление структурных неоднородностей в дораскольной литосфере. Учет влияния горячей точки Кару потребовал использования специальной методики создания термической аномалии в виде локального источника нагрева (ЛИН).

Подготовка экспериментов осуществлялась в несколько этапов: однородное модельное вещество нагревалось до температуры в 43 градуса, которая поддерживалась в течение всего эксперимента. Далее поверхность вещества охлаждалась с помощью вентилятора в течение 20 минут. В модельной континентальной литосфере механическим путем вырезалась трещина, имитирующая рифтовую трещину начального раскола, переходящую в ось

спрединга. После наращивания 1-3 см модельной океанической коры путем движения поршня и горизонтального растяжения литосферы, работа поршня приостанавливалась на 30 минут, для имитации переходного этапа в процессе перескока оси. Затем на расстоянии 1,5-2 см от оси спрединга включался ЛИН, который проплавлял область литосферы диаметром 2 см, имитирующую горячую точку Кару. Далее механическим путем вырезались две трещины с юга и севера от расплавленной области, имитирующие в природе ослабленные зоны, которые были выявлены на основе геологического строения Африканского кратона с более тонкой литосферой. И движение поршня возобновлялось.

Экспериментальным путем было выявлено, что в модельной литосфере происходит перескок оси спрединга в область более молодой континентальной окраины с отделением вытянутого континентального блока при наличии на молодой окраине горячей точки. Континентальный блок, отделяющийся от континентальной окраины испытывал вращение, при чем в южной его части формировался вулканический блок. Важную роль для перескока оси спрединга играет наличие разломов - ослабленных зон на молодой окраине.

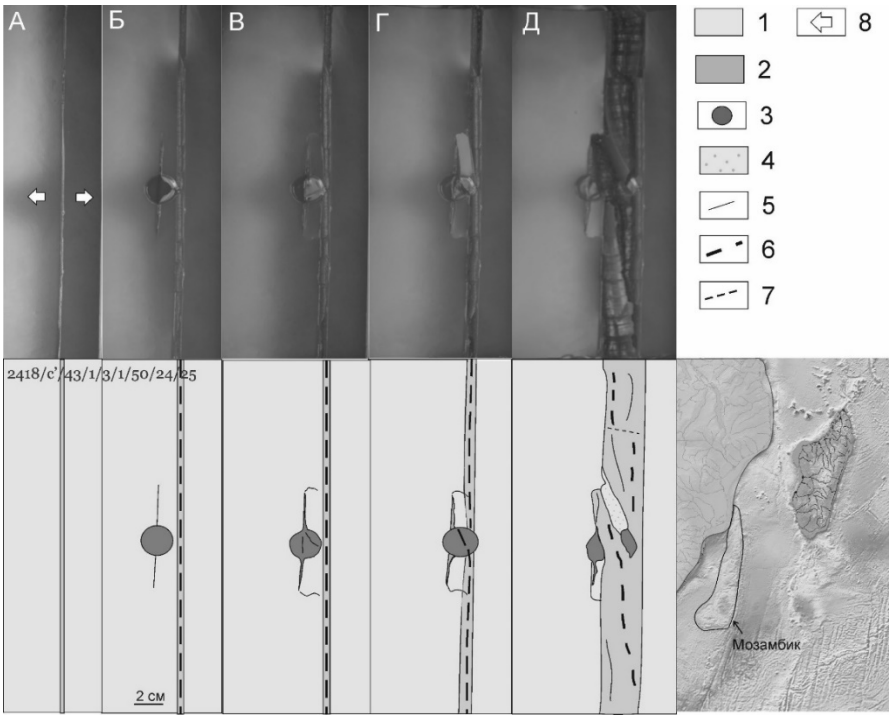


Рис. 2. Эксперимент 2418. Откол континентального блока и формирование на южной его части магматизма при перескоке оси спрединга под действием горячей точки. А-Д – стадии эксперимента, внизу – дешифрирование. 1 – континентальная модельная литосфера, 2 – вновь образованная модельная литосфера, 3 – расплав от горячей точки, 4 – блоки континентальной коры, отдаленные от материка, 5 – структурные линии, 6 – ось спрединга, 7 – трансформные и нетрансформные границы, 8 – направление растяжения.

В эксперименте №2418 сформировался континентальный микроблок, который испытывал вращение против часовой стрелки, так же, как и Мозамбикский хребет. В южной части микроблока сформировалось вулканическое поле под действием горячей точки.

Заключение

С помощью метода физического моделирования были проведены экспериментальные исследования по установлению условий формирования Мозамбикского хребта в результате его частичного отделения от Африканского континента под действием плюма Кару. Были выявлены условия, при которых формируются узкие-линейно-вытянутые континентальные блоки, а также магматические блоки, каким является южный участок Мозамбикского хребета, а также подтверждена возможность формирования Мозамбикского хребта путем перескока оси спрединга под действием плюма Кару.

Список литературы

Ben Avraham, Z., Hartnady, C.J.H., Le Roex, A.P., Neotectonic activity on continental fragments on the Southwest Indian Ocean: Agulhas Plateau and Mozambique Ridge. // J. Geophys. Res. – 1995. 100, p. 6199–6211.

Fischer, M.D., Uenzelmann-Neben, G., Jacques, G., Werner, R., The Mozambique Ridge: a document of massive multi-stage magmatism. // Geophys. J. Int. - 2017.

Gohl, K., Uenzelmann-Neben, G., Grobys, N., Growth and dispersal of a southeast African Large Igneous Province. // S. Afr. J. Geol. – 2011. 114, p 379–386.

Jacques, G., Hauff, F., Hoernle, K., Werner, R., Uenzelmann-Neben, G., Garbe-Schönberg, D., & Fischer, M. Nature and origin of the Mozambique Ridge, SW Indian Ocean // Chemical Geology. – 2019.

König, M., Jokat, W., Advanced insights into magmatism and volcanism of the Mozambique Ridge and Mozambique basin in the view of new potential field data. // Geophys. J. Int. – 2010. 180, 158–180

Laughton, A.S., Matthews, D.H., Fisher, R.L., 1970. The structure of the Indian Ocean. In: Maxwell, A.E. (Ed.), The Sea 4. Wiley, New York, pp. 543–586.

Marks, K.M., Stock, J.M., Evolution of the Malvinas Plate south of Africa. // Mar. Geophys. Res. – 2001. 22, pp. 289–302.

Marks, K.M., Tikku, A.A., Cretaceous reconstructions of East Antarctica, Africa and Madagascar. // Earth Planet. Sci. Lett. - 2001.186, pp. 479–495

Simpson, E.S.W., Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project. vol. 25. U.S. Government Printing Office, Washington D.C., USA, - 1974. pp. 259–346.

Sandwell D.T., Smith W.H.F. Marine gravity anomaly from Geosat and ERS 1 satellite altimetry // J.Geophys.Res. - 1997. V .102. P. 10039-10054.

УДК 550.831; 551.241

ПОДНЯТИЯ АЙЛОС ОРКАДАС И МЕТЕОР: АНАЛИЗ СТРУКТУР ПО ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ
THE ISLAS ORCADAS AND METEOR RISES: ANALYSIS OF STRUCTURES BASED ON GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL DATA

Рыжова Дарья Александровна[1], Коснырева Мария Владимировна[1], Дубинин Евгений Павлович[2], Булычев Андрей Александрович[1]

[1] Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Геологический факультет, г. Москва

[2] Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Музей землеведения, г. Москва

Ryzhova Darya Aleksandrovna[1], Kosnyreva Maria Vladimirovna[1], Dubinin Evgeny Pavlovich[2], Bulychev Andrey Aleksandrovich[1]

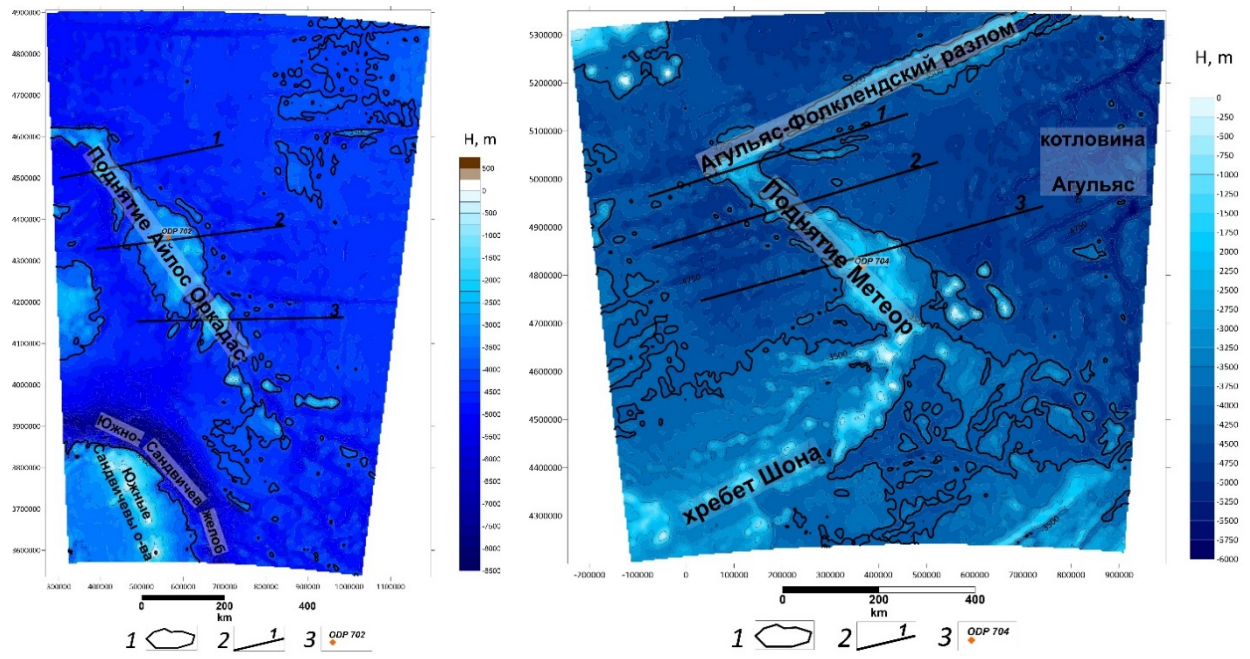
[1] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geology, Moscow

[2] Lomonosov Moscow State University, Museum of Earth Science, Moscow

Введение. Исследуемые поднятия Айлос Оркадас и Метеор, расположенные в южной части Атлантического океана являются сопряженными асейсмическими хребтами, образованными в позднем меловом периоде – раннем палеоцене в результате формирования нового спредингового хребта (южный сегмент Срединно-Атлантического хребта) на старой океанической литосфере [Дубинин и др., 1999].

Поднятие Айлос Оркадас расположено в западной части от Срединно-Атлантического хребта между 30° и 21° з.д. и имеет морфологию хребта длиной около 500 км (рис. 1, а). Эта структура прилегает к среднемеловой коре котловины Георгия. В северной части поднятие Айлос Оракадас соединяется с Агульяс-Фолклендсдким трансформным разломом, а в центральной части образует относительно ровное плато.

Поднятие Метеор расположено в восточной части от Срединно-Атлантического хребта между 3° и 12° в.д. (рис. 1, б). Эта структура отделяет позднемеловую кору сформированную на палеоспрединговом хребте Агульяс от позднепалеоценовой коры, сформированной на молодом спрединговом сегменте САХ (восточный фланг). В северной части поднятия Метеор, в близи Агульяс-Фолклендского трансформного разлома, наблюдается небольшой гайот, который может быть генетически связан с формированием поднятия Метеор.



а) б)

Рис. 1. Батиметрические карты поднятий Айлос Оркадас (а) и Метеор (б). Сечение изолиний 250 м. 1 – границы поднятий, 2 – расположение профилей плотностного моделирования, 3 – местоположение скважин.

Потенциальные поля. Поднятия Айлос Оркадас и Метеор в аномальном гравитационном поле в свободном воздухе характеризуются положительными значениями до 50 мГал. Южное окончание поднятия Метеор оконтурено поясом интенсивных отрицательных аномалий до 50 мГал, а также интенсивными положительными аномалиями до 170 мГал, которые характеризуются структурами подводных вулканических гор. Поднятие Айлос Оркадас также имеет интенсивные положительные аномалии в южной части до 150 мГал.

В магнитном поле данные структуры выделяются разнознаковыми аномалиями, которые в южной части имеют хаотичное направление. В западной части от поднятия Айлос Оркадас и в восточной от поднятия Метеор аномалии имеют интенсивные положительные значения до 300 нТл. Это может говорить о том, что данные участки коры имеют одно происхождение. С восточной стороны поднятия Айлос Оркадас и западной поднятия Метеор интенсивность аномалий имеет в основном отрицательный знак и варьирует от -140 нТл до 140 нТл. Данными аномалиями характеризуются области спредингового хребта САХ.

Плотностное моделирование. Разрез тектоносферы представлен в моделях пятью основными слоями до глубины 100 км, гравитационный эффект от которых, исходя из анализа структуры гравитационного поля, имеет разные частотную и амплитудную характеристики: водный слой с плотностью 1.03 г/см^3, осадочный слой с постоянной плотностью 2.10 г/см^3, плотность в коровом слое меняется от 2.72 г/см^3 до 2.89 г/см^3, слой консолидированной мантии также имеет переменную плотность 3.25 – 3.27 г/см^3, а в астеносферном слое плотности варьируют 3.20 – 3.22 г/см^3. Минимальное расхождение в результате подбора не превышало ±3 мГал.

Все профили пересекают котловины (котловину Георгия, вблизи поднятия Айлос Оркадас, и котловину Агульяс, вблизи поднятия Метеор) и исследуемые поднятия. Обе котловины имеют океаническою кору. Мощность земной коры под котловиной Георгия составляет ~15 км, а плотности варьируют 2.78 – 2.89 г/см^3. Под котловиной Агульяс мощность варьирует от 13 км до 15 км, плотность меняется от 2.78 г/см^3 до 2.88 г/см^3.

Первый профиль проходит через северную часть структур вблизи Агульяс-Фолклендского трансформного разлома, протяжённость которого ~ 400 км над поднятием Айлос Оркадас и ~ 550 км через поднятие Метеор. Плотности под поднятием Айлос Оркадас меняются в пределах от 2.72 г/см^3 до 2.83 г/см^3 со стороны котловины Георгия. Мощность земной коры ~20 км в центральной части поднятия. Поднятие Метеор имеет более пологий «корень», мощность которого варьирует от ~14 км до ~18 км. С восточной стороны мощность коры плавно уменьшается, переходя в котловину Агульяс. Плотности варьируют от 2.76 г/см^3 достигая 2.85 г/см^3 в зонах перехода к котловине и приосевой области САХ.

Через центральную часть проходит профиль два протяженностью ~500 км над поднятием Айлос Оркадас и ~600 км над поднятие Метеор. Мощность коры под поднятиями не меняется и составляет ~20 км. «Корень» поднятия Айлос Оркадас не сильно углублен в мантию, по сравнению с поднятием Метеор. Значения плотности земной коры поднятий варьирует от 2.74 г/см^3 до 2.82 г/см^3. Данные структуры схожи при плотностном моделировании и в потенциальных полях.

Третий профиль проходит в самой южной части поднятий, также пересекает котловины и поднятия. Протяжённость профиля над поднятием Айлос Оркадас составляет ~ 500 км, а над поднятием Метеор ~ 700 км. Мощность земной коры составляет ~18 км, а значения плотности меняются 2.72 – 2.86 г/см^3.

Заключение. Проведено плотностное моделирование тектоносферы поднятий Айлос Оркадас и Метеор с целью выявления особенностей их строения. Профили пересекают котловины (котловину Георгия и Агульяс, вблизи поднятия Айлос Оркадас и Метеор соответственно), а также исследуемые поднятия. Мощность земной коры под этими поднятиями варьирует в пределах 17 – 20 км. Плотность в земной коре под поднятиями изменяется в пределах 2.72 – 2.86 г/см^3 по всем интерпретационным профилям.

На основании геолого-геофизических данных и двумерного плотностного моделирования можно сделать вывод о том, что поднятия Айлос Оркадас и Метеор имеют схожее строение коры и литосферы.

Список литературы.

Дубинин Е.П., Сущевская Н.М., Грохольский А.Л. История развития спрединговых хребтов Южной Атлантики и пространственно-временное положение тройного соединения Буве // Russian Journal of Earth Sciences. 1999. №5.С. 423 – 443.

Чепиго Л.С. GravInv2D: Программное обеспечение для двумерного плотностного моделирования // Свидетельство о регистрации прав на ПО. 2019. №2019662512

Raymond C.A., LaBrecque J.L. Geophysical signatures of the Agulhas fracture zone ridge and Meteor Rise, Indo-Atlantic basin. // Proceedings of the Ocean Drilling Program, Initial Reports. 1988. Vol. 11. P. 27 – 33.

Raymond C.A., LaBrecque J.L., Kristoffersen Y. Islas Orcadas Rise and Meteor Rise: the tectonic and depositional history of two aseismic plateaus from sites 702, 703, and 704 // Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results. 1991. Vol. 114. P. 5 – 22.

Sandwell D.T., Müller R. D., Smith W.H.F., Garcia E., Francis R. New global marine gravity from CryoSat-2 and Jason-1 reveals buried tectonic structure // Science. 2014. V. 346, N 6205. P. 65–67 doi: 10.1126/science.1258213.

УДК 550.834:550.838.2:551.214.6(571.645)

ПОДВОДНЫЕ ВУЛКАНЫ СЕВЕРО-ИТУРУПСКОЙ ГРУППЫ (КУРИЛЬСКАЯ ОСТРОВНАЯ ДУГА)

UNDERWATER VOLCANOES OF THE NORTH ITURUPSK GROUP (KURIL ISLAND ARC)

Блох Юрий Исаевич[1], Бондаренко Вячеслав Иларионович[2], Долгаль Александр Сергеевич[3], Новикова Полина Николаевна[3], Петрова Вера Валерьевна[4], Пилипенко Ольга Валентиновна[5], Рашидов Владимир Александрович[6], Трусов Алексей Андреевич[7]

[1]Москва
[2] Костромской ГУ, Кострома
[3] Горный институт УрО РАН, Пермь
[4] Геологический институт РАН, Москва
[5] Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва
[6]Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский
[7]АО «ГНПП Аэрогеофизика», Москва

Blokh Yuri Isaevich[1], Bondarenko Vyacheslav Ilarionovich[2], Dolgal Alexander Sergeevich[3], Novikova Polina Nikolaevna[3], Petrova Vera Valerievna[4], Pilipenko Olga Valentinovna[5], Rashidov Vladimir Alexandrovich[6], Trusov Alexey Andreevich[7]

[1]Moscow
[2]Institute of Volcanology and Seismology, Far East Branch, Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky
[3]Kostroma State University, Kostroma
[4]Mining Institute, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Perm
[5]Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow
[6]Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Moscow
[7]AO GNPP «Aerogeofizika», Moscow

Введение

Комплексное исследование подводных вулканов Курильской островной дуги (КОД), которым многие годы плодотворно занимаются члены авторского коллектива [Аникин и др., 2021; Блох и др., 2008, 2009, 2015, 2020а, 2020б, 2020в, Бондаренко, Рашидов, 2004, 2019, 2021; Подводный вулканизм…, 1992], имеет большое значение как для изучения островодужного вулканизма, так и строения Тихоокеанской зоны перехода. В настоящей работе рассмотрены результаты исследований подводных вулканов Северо-Итурупской группы КОД, расположенной от полуострова Чирип до пролива Фриза с охотоморской стороны острова Итуруп.

Результаты

В результате проведения комплексных исследований с борта научно-исследовательского судна (НИС) «Вулканолог» [Подводный вулканизм…, 1992] и последующей обработки полученных материалов с помощью современных компьютерных технологий и лабораторной базы в пределах рассматриваемой группы выявлены 24 подводных вулкана и одна подводная кальдера. Некоторые из этих подводных вулканов группируются в

вулканические массивы и хребты. Например, размеры хребта Гидрографов по погребенному основанию – 42×22 км, высота, с учетом погребенной части ~ 2500–2600 м, а суммарный объем ~ 660 км^3 [Бондаренко, Рашидов, 2004].

Размах аномалий магнитного поля ΔTa, приуроченных к вулканическим постройкам Северо-Итурупской группы, иногда превышает 1000 нТл, а мощность осадков, перекрывающих нижние части вулканических построек, достигает 1200 м. Плосковершинные вулканы находятся в непосредственной близости от острова Итуруп, а островершинные – расположены в удалении от него [Подводный вулканизм…, 1992].

В пределах подводной кальдеры, расположенной в заливе Простор (о. Итуруп) [Бондаренко, Рашидов, 2019] и имеющей объем ~ 70–80 км^3, отмечены многочисленные акустические помехи [Блох и др., 2020б; Бондаренко, Рашидов, 2021] и опробованы гидротермальные породы, что свидетельствует о продолжающейся вулканической активности. Здесь же, впервые при изучении образцов горных пород, драгированных в рейсах НИС «Вулканолог» в пределах КОД, выявлены окаменелые (карбонатные и кремневые) водоросли и строматолиты (цианобактерии) (рис. 1).

Установлено, что вулканические постройки Северо-Итурупской группы сложены породами ряда от дацитов до базальтов. На некоторых вулканических постройках описываемой группы опробованы железомарганцевые конкреции и корки. Петромагнитные исследования образцов, драгированных на подводном вулкане 7.10, показали, что величина естественной остаточной намагниченности Jn варьируется в пределах от 1.71 до 13.2 А/м. Высокие значения Jn образцов обусловлены относительно высокой концентрацией C = 0.15-0.63 % низкокоэрцитивных псевдооднодоменных магнитных зерен. Фактор Кенигсбергера Qn изменяется в диапазоне от 1.7 до 27.7, а степень анизотропии – от 1 до 3 %.

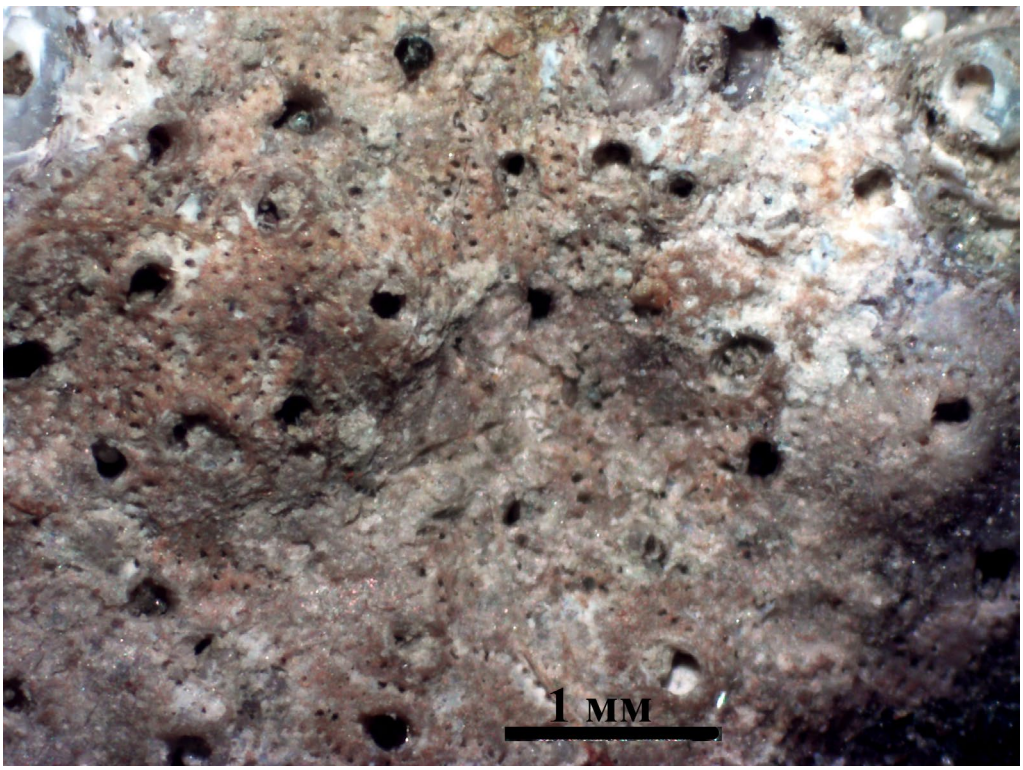


Рис. 1. Окаменелые органические останки

Результаты выполненного трехмерного геомагнитного моделирования позволили сделать вывод о том, что зоны максимальной эффективной намагниченности Jэф, как правило, расположены в привершинных частях вулканических построек. Наиболее намагниченные

лавовые потоки в пределах Северо-Итурупской группы изливались в привершинной части западного склона подводного вулкана Берга [Блох и др., 2008, 2009]. Судя по величине эффективной намагниченности Jэф, превышающей 9 А/м, и результатам драгирования эти лавовые потоки сложены базальтами и являются наиболее молодыми в пределах вулканической постройки. Следует отметить, что выделенные лавовые потоки оказались и самыми намагниченными среди всех изученных подводных вулканов КОД. Эффективная намагниченность лавовых потоков, выявленных на подводном вулкане 7.10 достигает 3 А/м.

Анализ особых точек функций, описывающих аномальные геомагнитные поля с помощью интегрированной системы СИНГУЛЯР, позволил предположить наличие подводящих каналов в постройках подводных вулканов Берга (рис. 2) и 7.10, и периферических магматических очагов на глубинах 2.5–3.0 км в постройке вулкана 7.10. Установлено, что вектор эффективной намагниченности **Jэф** горных пород, слагающих вулкан 7.10, имеет склонение 120°, наклонение 81° и развернут относительно нормального магнитного поля Земли $\mathbf{T_0}$ на 37° (рис. 3). Это свидетельствуют о приуроченности времени образования подводного вулкана 7.10, как и других изученных вулканов КОД [Блох и др., 2015, 2020а, 2020б, 2020в], к периоду геомагнитных инверсий.

Заключение

В результате выполненных комплексных исследований и последующей обработке полученных материалов с помощью современных компьютерных технологий и лабораторной базы, получены новые данные о строении Северо-Итурупской группы подводных вулканов в КОД и Тихоокеанской зоны перехода. Изучены отдельные подводные вулканические постройки, подводные вулканические хребты и подводная кальдера.

Установлено, что зоны максимальной эффективной намагниченности, как правило, расположены в привершинных частях подводных вулканов, а сами вулканы образовались в периоды геомагнитных инверсий. В пределах вулканических построек выделены подводящие каналы, периферические магматические очаги и отдельные лавовые потоки.

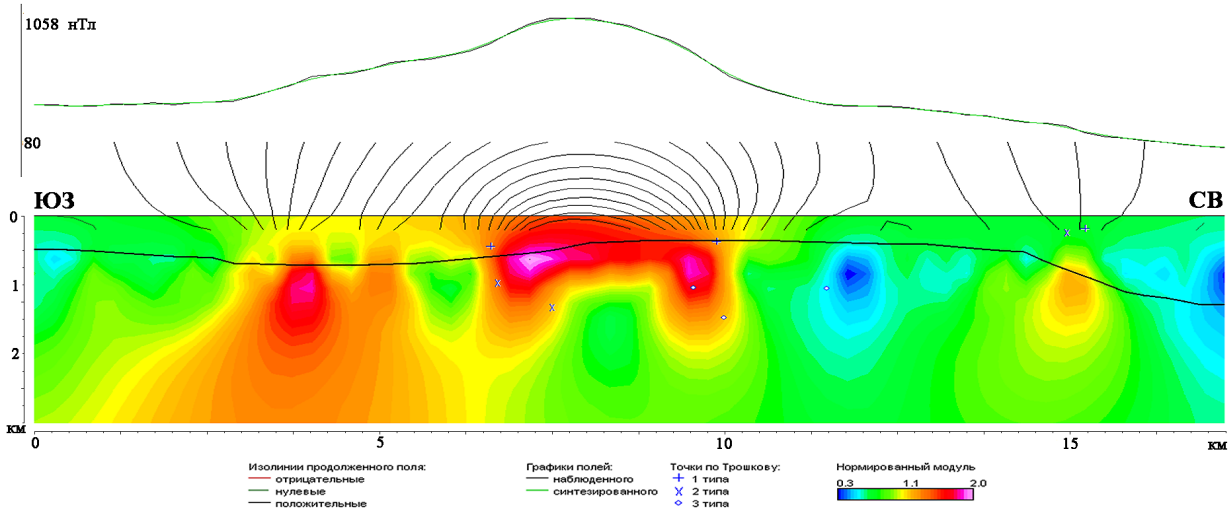


Рис. 2. Изображение, синтезированное системой СИНГУЛЯР для локализации особых точек функции, описывающей аномальное магнитное поле ΔTa подводного вулкана Берга, с наложенным рельефом дна по данным эхолотных промеров.

Впервые при изучении пород, драгированных в рейсах НИС «Вулканолог» в пределах КОД опробованы окаменелые водоросли и строматолиты.

Впервые выполнены современные петромагнитные исследования образцов горных пород, драгированных на подводном вулкане 7.10.

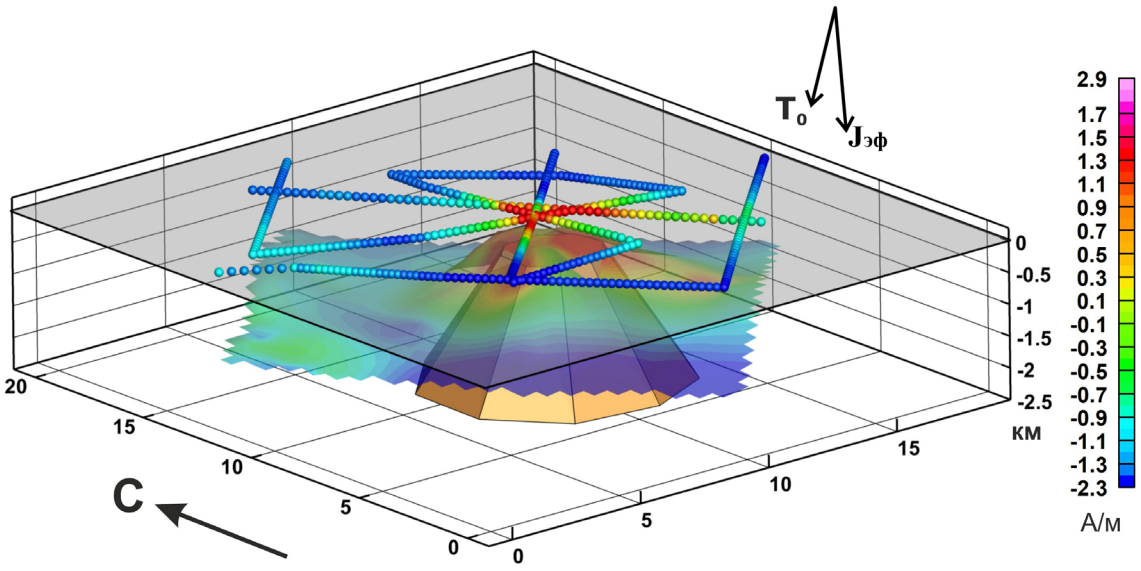


Рис. 3. Уточнение ориентации вектора эффективной намагниченности **Jэф** подводного вулкана 7.10.

Обнаружение акустических помех и опробование гидротермально-измененных пород в кальдере Простор, позволяет говорить о том, что проявления гидротермальной деятельности в пределах КОД намного масштабнее, чем предполагалось ранее.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 19-05-00654).

Список литературы

Аникин Л.П., Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Долгаль А.С., Догая А.А. Новикова П.Н., Петрова В.В., Пилипенко О.В., Рашидов В.А., Романова И.М., Рыбак-Франко Ю.В., Трусов А.А. Комплексные геолого-геофизические исследования подводных и наземных вулканов Курильской островной дуги в 2020 г**.** // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы XXIV ежегодной научной конференции, посвященной Дню вулканолога, 29-30 марта 2021 г. / Гл. ред. А.Ю. Озеров. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН. – 2021. – С. 68–71.

Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Долгаль А.С., Новикова П.Н., Петрова В.В., Пилипенко О.В., Рашидов В.А., Трусов А.А. Комплексные геолого-геофизические исследования подводных вулканов Центральных и Южных Курил // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: Материалы 47-й сессии Международного научного семинара им. Д.Г. Успенского – В.Н. Страхова. Воронеж, января 27–30 января 2020 г. Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга». – 2020а. – С. 41–44.

Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Долгаль А.С., Новикова П.Н., Петрова В.В., Пилипенко О.В., Рашидов В.А., Трусов А.А. Комплексирование геолого-геофизических методов при изучении подводных вулканов Охотоморского склона Курильской островной дуги // Труды VIII Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2019)». Тверь: ООО «ПолиПРЕСС». – 2020б. – Том II (III). – С. 79–82.

Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Долгаль А.С., Новикова П.Н., Петрова В.В., Пилипенко О.В., Рашидов В.А., Трусов А.А. Новые данные о строении подводных вулканов Центральных и Южных Курил // Труды IX Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2020)». Тверь: ООО «ПолиПРЕСС». – 2020в. – Том III (III). – С. 482–485.

Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Рашидов В.А., Трусов А.А. Подводный вулкан Берга (Курильская островная дуга) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2008. № 2, Вып. 12. С. 70–75.

Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Рашидов В.А., Трусов А.А. Геофизические исследования подводного вулкана Берга (Курильская островная дуга) // Геология морей и океанов: Материалы XVIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Москва 16-20 ноября 2009 г. М: ГЕОС. – 2009. – Т. V. – С. 8–13.

Блох Ю.И., Рашидов В.А., Трусов А.А. Оценка остаточной намагниченности подводных вулканов Курильской островной дуги с применением программы ИГЛА // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. – 2015. – № 2, Вып. № 26. – С. 5–10.

Бондаренко В.И., Рашидов В.А. Новые данные о морфологии подводных вулканических хребтов Гидрографов и Броутона (Курильская островная дуга) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. – 2004. – № 4. – С. 51–58.

Бондаренко В.И., Рашидов В.А. Подводная кальдера залива Простор, о. Итуруп, Курильские острова // Геология морей и океанов: Материалы XXIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Москва, 18–22 ноября 2019 г. М.: ИО РАН. – 2019. – Том 5. – С. 54–57.

Бондаренко В.И., Рашидов В.А. Подводная газо-гидротермальная активность в пределах Курильской островной дуги // Геосистемы переходных зон. – 2021. – Т0м 5. – № 1. – С. 4–13.

Подводный вулканизм и зональность Курильской островной дуги / Отв. ред. Ю.М. Пущаровский. М.: Наука. – 1992. – 528 с.

УДК 51-7/551.214/551.345.1

КРИОЛИТОЗОНА ВНЕШНЕГО ШЕЛЬФА ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ И ЕЕ СВЯЗЬ С ВУЛКАНОГЕННЫМИ ЯВЛЕНИЯМИ

CRYOLITOZONE OF THE OUTER SHELF OF THE EAST-SIBERIAN SEA AND ITS RELATIONSHIP WITH VOLCANIC PHENOMENA

Гаврилов Анатолий Васильевич[1], Малахова Валентина Владимировна[2], Пижанкова Елена Ивановна[1], Попова Александра Александровна[3]

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова;

[2] Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, г. Новосибирск;

[3] ООО «Северные Изыскания», г. Москва

Gavrilov Anatoly Vasilievich[1], Malakhova Valentina Vladimirovna[2], Pizhankova Elena Ivanovna[1], Popova Alexandra Alexandrovna[3]

[1] Lomonosov Moscow State University,

[2] Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, Novosibirsk,

[3] OOO "Northern Research", Moscow

Введение

На шельфе восточного сектора Российской Арктики в настоящее время нет ни одной скважины, прошедшей толщу субмаринных многолетнемерзлых пород (ММП) на всю ее мощность. Поэтому важным методом формирования представлений о распространении и строении субаквальной криолитозоны является тепловое математическое моделирование. В многочисленных предшествующих моделях влияние вулканизма на распространение и мощность субмаринных ММП не учитывалось.

Неоднократные эпизоды вулканизма зафиксированы на островах Де Лонга в мелу, миоцене, неоплейстоцене. Последний из эпизодов датируется 0,4 млн. л.н. [Косько и др., 2013]. Таким образом, следует полагать, что мерзлым толщам среднего неоплейстоцена были свойственны вулканогенные талики. По сей день близ о. Беннетта с 1973 г. наблюдаются газовые шлейфы значительной мощности и протяженности (рис. 1). По данным Ин-та физики Земли [Масуренков и др., 2013] мощные шлейфы могут быть следствием современных подводных извержений.

Есть и другие сведения о современном проявлении вулканизма. 14 июля 1881 г. участники плавания Де Лонга, сопровождавшегося открытием о. Беннетта, а также других островов архипелага, видели на расстоянии около 1 км от берега о. Беннетта возвышающийся над морем небольшой конус. Он был сложен вулканическими породами [Де Лонг, 1936; Масуренков и др., 2013]. В середине XX в. во время геологической съемки о. Беннетта конус уже не существовал. Наблюдения показывают, что подводные положительные формы рельефа на месте конуса существуют, и их вершины в 1986 г. по отношению к 1973 г. стали выше. Над окружающим дном моря они возвышаются на 4-14 м [Масуренков и др., 2013].

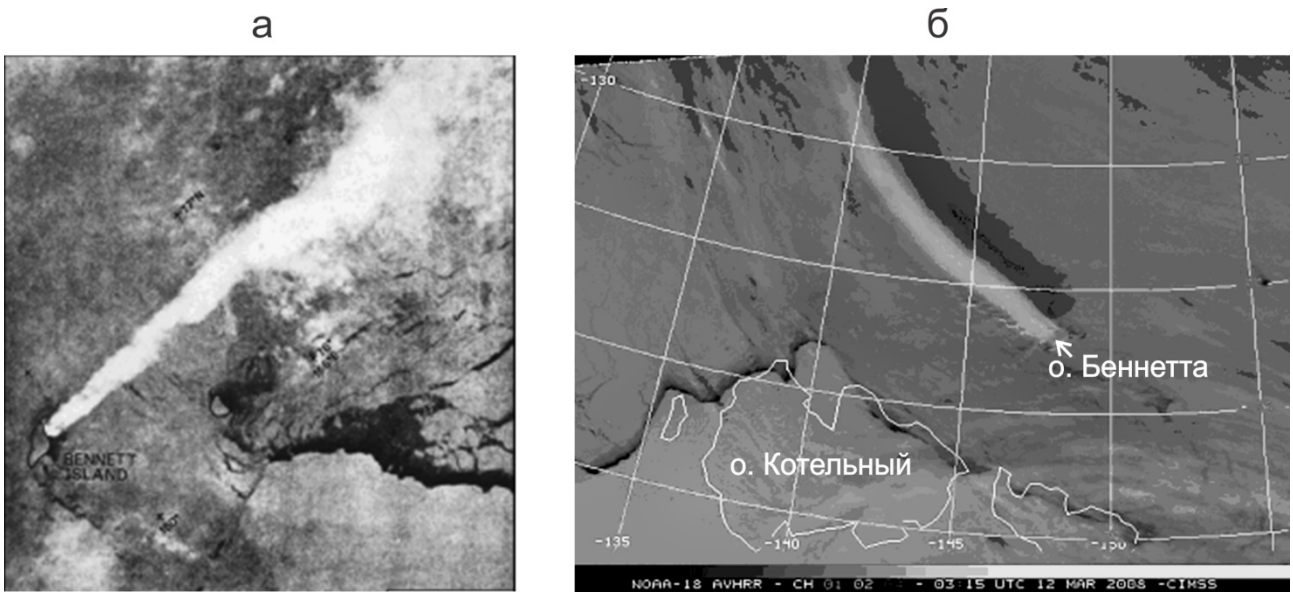


Рис 1. Газовые шлейфы близ о. Беннетта, зарегистрированные на космоснимках 19 февраля 1983 (а) и 12 марта 2008 гг. (б) [Масуренков и др., 2013].

Острова Де Лонга сложены скальными вулканогенно-осадочными породами, участки распространения рыхлых четвертичных отложений единичны. В соответствии со схемой неотектоники [Мусатов, 2004] поднятие Де Лонга относится к областям слабых воздыманий. Однако, облик островов с повсеместно скалистыми обрывами высотой 100-350 м [Соболев и др., 2014] скорее свидетельствует об их активном современном поднятии.

Перечисленные сведения были положены в основу палеогеографического сценария для численного моделирования.

Данные и методы

Данные о тектонической и вулканической активности явились основанием для задания повышенной плотности теплового потока из недр поднятия Де Лонга. Из величин 70-75 мВт/м2, характерных для этого поднятия [Davies, 2013], выбрано значение 75 мВт/м2. Такой теплопоток является нижним пределом для активизированных областей Восточной Сибири, достигающих в пределах хр. Черского 100 мВт/м2 [Балобаев, 1991]. Район островов Анжу характеризуется тепловым потоком 60-65 мВт/м2 в соответствии с картой [Davies, 2013]. Поэтому в качестве нижнего предела для остальной части района исследований принято значение 60 мВт/м2.

Палеогеографический сценарий строился аналогично опубликованному в работе [Gavrilov et al., 2020]. Геологическая модель составлялась в соответствии с данными о геологическом строении описываемой территории [Косько и др. 2013; Государственная геологическая карта…, 1999]. Показатели водно-физических и теплофизических свойств пород выбирались из литературных данных [Гаврильев, 2013; Теплофизические…, 1984] для соответствующих типов отложений.

Для расчета теплового состояния ММП использовалась одномерная модель теплофизических процессов в донных отложениях с учетом фазовых переходов между мерзлыми и талыми породами [Malakhova, Eliseev, 2020].

Результаты

Результаты моделирования при двух крайних для региона значениях теплового потока (60 и 75 мВт/м2) представлены на рис. 3. При тепловом потоке 60 мВт/м2, соответствующем толще монолитных вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород, мощность ММП может составлять от 260 м при глубинах моря 40 м до 300 м на мелководьях (изобаты порядка 5 м).

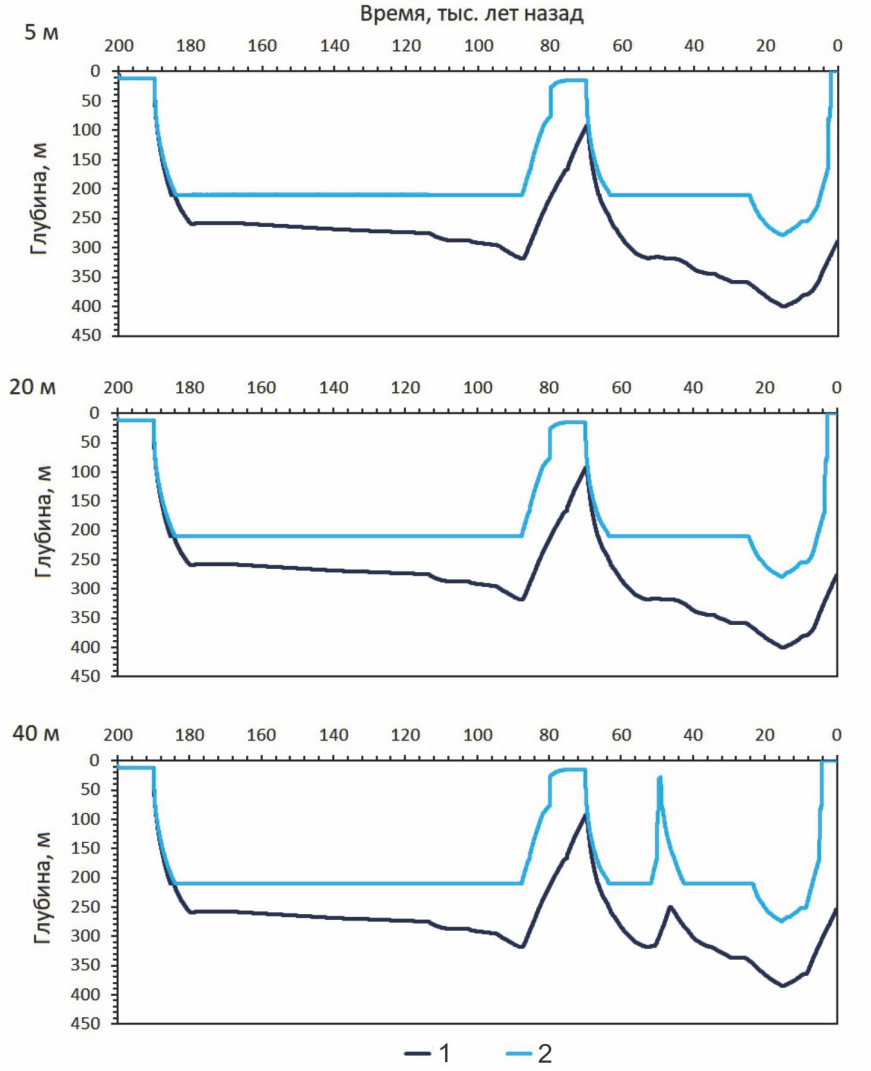


Рис. 3. Результаты численного моделирования современного распространения и мощности мерзлых пород в пределах поднятия Де Лонга при плотности теплового потока: 60 (1) и 75 мВт/м2 (2) для глубин моря 5, 20 и 40 м.

Повышенный геотермический поток увеличивает скорость оттаивания субаквальных ММП снизу во время затопления шельфа. При потоке 75 мВт/м2, имитирующем условия теплообмена на участках извержений, формируются сквозные талики при глубинах моря 5 м и более. Формирование сквозных таликов в сценарных расчетах происходит 4 тысячи лет назад при глубине моря 40 м и 2 тысячи лет назад при глубине моря 5 м. При этом в верхнем 50-метровом слое донных отложений сохраняются не содержащие льда охлажденные засоленные породы с отрицательными температурами за счет влияния холодной морской воды. Переход донных отложений из мерзлого состояния в талое приводит к повышению газопроницаемости пород. Такие сквозные талики формируют внутри многолетнемерзлого слоя дополнительные каналы, проницаемые для восходящего газа и метан-несущих жидкостей, что приводит к возможности выхода газа из нижележащих слоев.

Подобные условия, по-видимому, могут существовать также в трещиноватых породах участков пересечения зон тектонических разломов.

Заключение

Результаты моделирования подтвердили ведущую роль в формировании мощности ММП плотности геотермического потока. Существование современных таликов при тепловом потоке 75 мВт/м2 на участках извержений представляется весьма вероятным.

Результаты численного моделирования показали, что наблюдаемые близ о. Беннетта газовые шлейфы значительной мощности могут быть следствием сквозного протаивания многолетнемерзлых пород шельфа 2-5 тысяч лет назад и миграции газа в верхние слои грунта.

Благодарность

Работа поддержана грантом РНФ № 20-11-20112 (в части численного моделирования).

Список литературы

Балобаев В.Т. Геотермия мерзлой зоны литосферы Севера Азии. // Новосибирск: Наука, 1991, 193 с.

Гаврильев Р.Г. Каталог теплофизических свойств горных пород Северо-Востока России. Якутск: Изд-во Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, 2013. 172 с.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (новая серия). Карта четвертичных образований. Лист S-53-55 - Новосибирские острова, СПб, изд-во ВСЕГЕИ, 1999.

Де Лонг. Плавание “Жаннетты”. Л.: Изд-во Главсевморпути, 1936. 458 с.

Косько М.К., Соболев Н.Н., Кораго Е.А., Проскурнин В.Ф., Столбов Н.М. Геология Новосибирских островов – основа интерпретации геофизических данных по восточно-арктическому шельфу России // Нефтегазовая геология. Теория и практика, 2013, т. 8, № 2, с. 1-31. http://www.ngtp.ru/rub/5/17_2013.

Масуренков Ю.П., Слезин Ю.Б., Собисевич А.Л. Газовые шлейфы у острова Беннетта // Известия РАН. Серия географическая. – 2013. - № 3. - С. 86-95.

Мусатов Е.Е. Неотектоническая структура // Геология и полезные ископаемые России. Т. 5, Арктические и дальневосточные моря, книга 1, СПб, изд-во ВСЕГЕИ, 2004, 468 с.

Соболев Р.Р., Метелкин Д.В., Верниковский В.А., Матушкин Н.Ю., Прокопьев А.В., Ершова В.Б., Шманяк А.В., Петров Е.О. Первые сведения о геологии острова Жаннетты (архипелаг Де Лонга, Новосибирские острова) //Докл. РАН, 2014, т. 459, № 5, с. 595-600.

Теплофизические свойства горных пород. Под ред. проф. Э.Д. Ершова. М.: Изд-во МГУ, 1984. 203 с.

Gavrilov A., Malakhova V., Pizhankova E., Popova A. Permafrost and Gas Hydrate Stability Zone of the Glacial Part of the East-Siberian Shelf // Geosciences. - 2020. - V. 10 (12). - P. 484. https://doi.org/10.3390/geosciences10120484

Davies J. H. (2013), Global map of solid Earth surface heat flow // Geochem. Geophys. Geosyst. - 2013. - V. 14. doi:10.1002/ggge.20271.

Malakhova, V.V., Eliseev, A.V. Uncertainty in temperature and sea level datasets for the Pleistocene glacial cycles: Implications for thermal state of the subsea sediments // Global and Planetary Change. - 2020. – V. 192. - 103249. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2020.103249.

УДК 551.34 (571.1)

КРИОЛИТОЗОНА АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА И ПРИЛЕГАЮЩЕЙ СУШИ КАК СВИДЕТЕЛЬ ЧЕТВЕРТИЧНОЙ ИСТОРИИ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

THE CRYOLITHOZONE OF THE ARCTIC SHELF AND ADJACENT LAND AS A WITNESS OF THE RUSSIAN ARCTIC QUATERNARY HISTORY

Шполянская Нелла Александровна
Ухтинский государственный технический университет, кафедра экологии, землеустройства и природопользования. г. Ухта, Коми, Россия nellashpol@yandex.ru

Shpolyanskaya Nella Alexandrovna
Ukhta State Technical University, Ukhta, Russia. nellashpol@yandex.ru

Введение

Споры по поводу четвертичной истории Российской Арктики ведутся не один век. Изучение геологического строения и вещественного состава отложений пока что не привели к однозначным выводам. Требуются дополнительные аргументы. К таковым можно отнести криолитозону. Подземные льды сохраняют в своем строении и свойствах черты эпохи их формирования, а потому содержат в себе информацию о прошлых условиях. Изучение подземных льдов в отложениях разных эпох плейстоцена и голоцена в их генетическом разнообразии, закономерностей распространения и условий залегания, выявило определенные противоречия с рядом современных постулатов, касающихся четвертичной истории Российской Арктики. Настоящий доклад посвящен рассмотрению таких противоречий и пересмотру некоторых устоявшихся взглядов.

Фактический материал. Главная черта криолитозоны на Российском Севере – это резкое различие между западным и восточным секторами Арктики. На равнинах Западного сектора преобладают пластовые подземные льды, на равнинах Восточного сектора – полигонально-жильные льды (рис.1). Генетически это разные образования, и это указывает на неодинаковое развитие двух частей Арктики.



Рис. 1. Карта Российской криолитозоны в системе Суша–Шельф. Видно, что разные типы льдов соответствуют генетически разным регионам [Шполянская, 2015].

В Западном секторе развиты пластовые льды – крупные ледяные залежи, неоднородные по генезису, но в большинстве своем субаквального (субмаринного) происхождения. Представлены дислоцированными ледогрунтовыми образованиями с тонким равномерным сопряженным переслаиванием турбулентно закрученных грунтовых и ледяных слоев. В микростроении льда видны тонкие прослои взвешенных минеральных частиц и кристаллы с четкими ненарушенными гранями – признак формирования в свободной субаквальной среде. Льды развиты в отложениях почти всех эпох плейстоцена (кроме поздневалдайской). Возможность промерзания донных засоленных осадков непосредственно в море и механизм формирования вечной мерзлоты в субмаринных условиях исследованы в работе [Шполянская, 2015]. Подтверждением служит Баренцево-Карский шельф, где сейчас на глубоких участках (более 50 м) идет современное новообразование донной мерзлоты [Рокос и др., 2009, 2018; Мельников, Спесивцев, 1995, Шполянская, 2015]. Весь материал свидетельствует о трансгрессивном режиме и морском осадконакоплении в течение большей части плейстоцена и в ледниковые, и в межледниковые эпохи.

В поздневалдайскую эпоху Западный сектор развивался в континентальном режиме, на что указывает широкое распространение в отложениях полигонально-жильных льдов (сугубо континентальных образований). Как антагонисты ледников они указывают и на отсутствие в это время покровного оледенения. Последнее вытекает и из анализа материалов Мурманской АМИГЭ – разрезов донных отложений в Печорском море (Рокос и др., 2018): ни в одном разрезе нет ледниковых отложений (рис. 2). Разрез представлен преимущественно морскими осадками, начиная с раннего плейстоцена, в эпохи осушения на мелководье в зырянское время аллювиальными, в каргинское – аллювиально-морскими и в голоцене снова морскими.

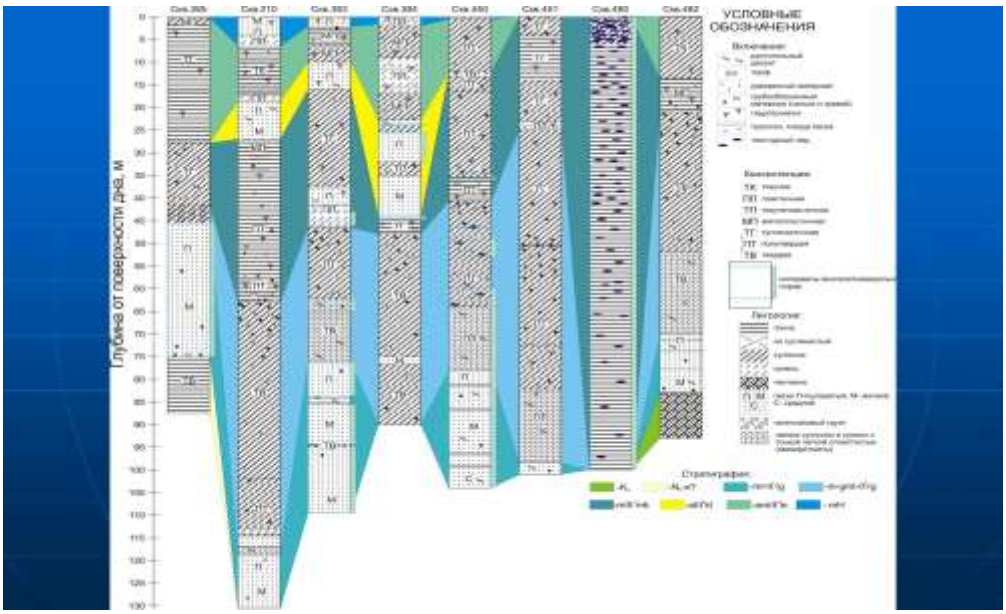


Рис. 2. Разрезы по скважинам на шельфе Печорского моря.
Материалы Мурманской АМИГЭ, Рокос и др., 2018

В Восточном секторе Арктики на равнинах повсеместно распространены полигонально-жильные льды в озерно-аллювиальных отложениях всех эпох плейстоцена (см. рис.1). Это значит, что Восточный сектор, в отличие от Западного, в течение всего плейстоцена развивался в континентальном режиме. Присутствие полигонально-жильных льдов исключает покровные оледенения на равнинах Восточного сектора Арктики во все эпохи плейстоцена. На Восточно-Арктическом шельфе, мелком, 20 – 40 м, в отличие от Западно-Арктического,

криолитозона реликтовая, прослеживается затопленный ледовый комплекс сартанского возраста. Затопленный полигональный рельеф показывает, что на осушенном шельфе не было покровного оледенения. Однако, у внешней кромки шельфа, при глубине моря более 50 м, Российско-Германскими работами в море Лаптевых [Kassens et al, 2000] был вскрыт субмаринный лед (см. рис. 1).

Сопоставление фактического материала и важные выводы.

Причины разнонаправленного развития двух секторов Арктики. Из всего материала следует важный вывод: не прослеживается принятая ныне синхронность событий «ледниковый период – регрессия моря», «межледниковый период – трансгрессия моря». А это исключает признанную сейчас причину колебания уровня моря – гляциоэвстатику. Наиболее вероятно, что изменения уровня Арктического бассейна контролируются неравномерными тектоническими процессами в Северном Ледовитом океане. Океан расположен на стыке двух литосферных плит – Евразийской на западе и Амеразийской на востоке (Хаин, Лимонов, 2004; Лаверов и др., 2012). Это сформировало две разнородные океанические впадины – западную с океанической корой (ее замыкает хребет Ломоносова) и восточную с преимущественно континентальной корой. В западной впадине расположен срединно-океанический хребет Гаккеля, сформировавшийся в начале плиоцена 9,5 млн лет назад (Карасик, Рождественский, 1977). Спрединг в хребте, начавшийся в конце плиоцена (Хаин, Лимонов, 2004), приводил к уменьшению объема прилегающих впадин, из-за чего большие объемы воды вытеснялись на континент (Сорохтин, 2007). На Баренцево-Карский шельф, непосредственно примыкающий к области срединно-океанического хребта, в раннем и среднем плейстоцене было вытеснено много океанической воды, которая на равнинной суше распространилась далеко на юг. На Европейском севере России и в Западной Сибири образовался обширный морской бассейн (см. рис.1). Восточная часть Арктического бассейна представлена устойчивой континентальной корой. Это снижает ее динамичность. Спрединг в Хребте Гаккеля с востока прерывается трансформным разломом Чарли (Хатанско-Ломоносовским), к востоку от которого затухают движения земной коры (см. рис. 1). Восточный сектор Российской Арктики развивался в достаточно стабильном режиме.

Размеры последней регрессии Арктического бассейна. Исходя из приведенных фактов, сартанская регрессия не могла превышать 50 м, а в ряде мест и вообще отсутствовала.

Восточный шельф с глубиной моря 20–40 м осушался весь. При регрессии моря до изобаты 100–120 м, как считается сейчас, должна была бы осушиться часть материкового склона за пределами внешней кромки шельфа. Однако у кромки шельфа встречен изначально субмаринный лед, который формировался непосредственно там, а значит, осушения здесь не было. Так что регрессия Восточного шельфа не могла превышать 40–50 м.

На Западном шельфе осушение коснулось только отдельных мелководных участков. Это вытекает из разрезов в Печорском море (см. рис. 2): на глубоких (>50м) участках моря разрезы представлены целиком морскими отложениями, содержащими пластовые льды (скв. 480, 481, 482); на мелководьях (10–20м глубины) имеется врез континентальных отложений, но не более 45м (скв. 210, 383, 384).

На малое осушение указывает и батиметрический анализ морей Арктического шельфа [Казанский, 2008]. Автор выявлял плотность распределения 100-метровых глубин на Арктическом шельфе. По его результатам, на шельфе Баренцева моря максимума плотности распределения глубин 100 м вообще нет. Из этого следует, что шельф не осушался на больших площадях. Если бы он осушался до 100-120 м, то обязательно сформировались бы

устойчивые 100-метровые поверхности, которые сохранились бы на затопленном шельфе. Следовательно, осушались лишь отдельные разрозненные мелководные участки.

Заключение

Главные выводы можно сформулировать как ответы на спорные вопросы геологической истории Российской Арктики:

– Покровного оледенения на равнинах Российского Севера в плейстоцене-голоцене не было восточнее полуострова Канин. В горах были горно-долинные ледники.

– Нет соответствия и связи между событиями «ледниковый период – регрессия моря», «межледниковый период – трансгрессия моря», а значит, нельзя признать гляциоэвстатику причиной трансгрессий и регрессий. Таяние и накопление ледников не влияют (или мало влияют) на изменение уровня моря.

– Изменения положения береговой линии имеют тектоническую природу.

– Регрессия Арктического бассейна в поздневалдайскую (сартанскую) эпоху не превышала 50 м, а на больших пространствах западного сектора отсутствовала

Список литературы

Казанский Б.А. Сравнительный батиметрический анализ шельфа Арктических морей по цифровым данным ETOPO 5 // Природа шельфа и архипелагов Европейской Арктики. Мат-лы Междунар. Конференции в Мурманске, вып 8. М.: ГЕОС, 2008. С. 154–156.

Карасик А.М., Рождественский С.С. Структура оси разрастания океанического дна и закономерности ее формирования (на примере рифтовой зоны Североатлантического мегабассейна) // Основные проблемы рифтогенеза. Новосибирск: Наука, 1977. с. 167 – 175

Лаверов Н.П., Лобковский Л.И., Кононов М.В., Добрецов Н.Л.,Верниковский В.А., Соколов С.Л., Шипилов Э.В. Базовая модель тектонического развития Арктики для установления внешней границы континентального шельфа // Арктика: экология и экономика, 2012, № 2 (6). С.4–19

Мельников В.П., Спесивцев В.И. Инженерно-геологические и геокриологические условия шельфа Баренцева и Карского морей. Новосибирск: Наука, 1995, 195 с.;

Рокос С.И., Длугач А.Г., Костин Д.А, Куликов С.Н., Локтев А.С. Многолетнемерзлые породы шельфа Печерского и Карского морей: генезис, состав, условия распространения и залегания // Инженерные изыскания. Всероссийский инженерно-аналитический журнал, 2009, № 10. с. 38-41

Рокос С.И., Костин Д.А., Куликов С.Н. Стратиграфическое расчленение толщи новейших отложений шельфа Печорского моря по материалам инженерно-геологического бурения. Презентация. // Мат-лы VI Международной конференции “Новое в геологии и геофизике Арктики, Антарктики и Мирового океана” в СПб 25–29 апреля 2018 г.

Сорохтин О.Г. Жизнь Земли (в серии «Науки о Земле»). М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2007. 450 с.

Хаин В.Е., Лимонов А.Ф. Региональная геотектоника. М.: ООО «Геомодель–Консалтинг», 2004. 269 с.

Шполянская Н.А. Плейстоцен-голоценовая история развития криолитозоны Российской Арктики “глазами” подземных льдов. М.–Ижевск: институт компьютерных исследований, 2015. 344 с.

УДК 550.8

НОВЫЙ ВАРИАНТ КАРТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ В ПРЕДЕЛАХ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ

NEW VERSION OF THE MAP OF GEOLOGICAL HAZARDS OF THE ARCTIC SEAS WITHIN THE ECONOMIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

Рыбалко А.Е.[1,2,4], Щербаков В.А.[1], Захаров М.С.[1], Иванова В.В.[1], Карташев А.Ю.[1], Исаева О.И.[1]. Локтев, А.С.[1,4], , Беляев П.Ю.[1] ,Токарев М.Ю.[3], Терехина Я.Е.[3], Миронюк С.Г.[3]

[1]Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана имени академика И. С. Грамберга»

[2]Институт наук о Земле СПБГУ

[3]Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

[4]ЦМИ МГУ им. М.В. Ломоносова

Rybalko A. E. [1,2,4], Shcherbakov V. A.[1], Zakharov M. S.[1], Ivanova V. V.[1], Kartashev A. Yu.[1], Isaeva O. I.[1]. Loktev, A. S.[1,4], Belyaev P. Yu.[1], Tokarev M. Yu.[3], Terekhina Ya.E.[3], Mironyuk S.G.[3]

1The All-Russian Scientific Research Institute of Geology and Mineral Resources of the World Ocean named after Academician I. S. Gramberg"

2 Institute of Earth Sciences of St. Petersburg State University

3 Lomonosov Moscow State University

4 CMI of the Lomonosov Moscow State University

Введение

Хозяйственное освоение шельфа, которое в значительной степени возродилось в конце первого десятилетия XXI века, привело и к усилению роли инженерно-геологических изысканий на континентальной окраине. Основным объектом их служат объекты нефтегазовой отрасли или прокладка оптоволоконных кабелей, а наибольшее количество объектов изысканий располагается на арктическом и дальневосточном шельфах Российской Федерации. В 2019 году ФГБУ «ВНИИОкеангеология» по заданию Агентства «Роснедра» МинПриродыы РФ завершило создание «Инженерно-геологической карты окраинных морей Северного Ледовитого океана масштаба 1:5 000 000». Эти работы проводились в тесном сотрудничестве с дочерними структурами МГУ им.М.В. Ломоносова: ЦАСД и ЦМИ, которые в настоящее время являются ведущими в проведении инженерно-геофизических изысканий на шельфе. Одним из главных элементов инженерно-геологических изысканий на шельфе являются опасные геологические процессы и явления (ОГПЯ). При создании вышеуказанной карты они были отражены на специальной схеме масштаба 1:1500000. Однако важность указанной проблемы побудила продолжить эти работы в виде создания отдельной «Карты проявления опасных геологических процессов и явлений Северного Ледовитого океана в пределах исключительной экономической зоны Российской Федерации масштаба 1:5 000 000» При этом было принято решение расширить площадь этой карты за счет включения в нее континентального склона и приконтинентальной части дна океана в пределах экономической зоны РФ. Это обстоятельство потребовало и некоторой редакции

самой инженерно-геологической карты. Результаты мелкомасштабного картографирования за период 2019-2021 г.г. и составляют содержание доклада.

Данные и методы

Обе обсуждаемые карты являются продуктом мелкомасштабного картографирования, т.е они создаются не в результате собственных полевых исследований и обработки полученной информации, а путем заимствования уже подготовленных карт материалов и создания из них принципиально нового картографического продукта. В условиях незначительного присутствия, а в отдельных районах арктического шельфа и практического отсутствия фактического материала, такого как данные сейсмоакустического профилирования и инженерно-геологического бурения, основную роль при создании инженерно-геологической карты сыграла «Карта четвертичных отложений Российской Федерации и прилежащего шельфа» [1]. Дополнительным, важным источником информации служили листы Госгеолкарты масштаба 1: 1000000 преимущественно второго и третьего поколений.

Результаты. Принципы построения карт и их содержание.

При составлении «Инженерно-геологической карты арктического шельфа» учитывались: рельеф морского дна, геологическое строение как четвертичных отложений, так и коренного цоколя, геологические процессы и явления, включая общую оценку состояния берегов. В качестве основной единицы картографирования, которой был отдан цвет, был выбран **инженерно-геологический комплекс (ИГК),** под которым понималась толща горных пород или отложений, расположенных в стратиграфической последовательности и характеризующаяся сходством или закономерной изменчивостью инженерно-геологических характеристик. Всего было выделено 14 ИГК и для каждого приведены вещественный состав слагающих их осадков, их возраст, привязка к определённой фациальной обстановке, мощность, площадь распространения с геоморфологической характеристикой и обобщённая атрибутивная инженерно-геологическая характеристика по имеющейся информации.

В итоге, составленная карта отражает принципиальное отличие инженерно-геологического строения западно-арктического шельфа от восточно-арктического. В этом сказывается их принципиально разная история геологического развития в четвертичное время. В первом случае шельф развивался под влиянием неоднократного и разномасштабного оледенения, которое прямо сказалось как в вещественном составе, так и в рельефе морского дна. В восточном секторе Российской Арктики шельф отличается меньшими глубинами и выровненным рельефом, который нарушается только сетью палеорусел. Это приводило к промерзанию поверхности шельфа в периоды регрессий и формированию реликтовой мерзлоты, вплоть до образования пластовых льдов. Эта разница в геологическом строении рыхлого чехла предопределила и различие в инженерно-геологических характеристиках слагающих его горизонтов.

Выявленные на этапе создания «Инженерно-геологической карты» различия в геологическом строении подводных территорий оказали непосредственное влияние на характер опасных геологических процессов и явлений (ОГПЯ). Они стали предметом специального изучения сравнительно недавно – в связи с инженерным освоением поверхности шельфа, в первую очередь предприятиями нефтегазового комплекса. К ним стали относить современные быстротекущие геологические процессы и явления, наносящие значительный материальный ущерб обществу, народному хозяйству и создающие угрозу

жизни для людей при нарушении устойчивости природной (геологической среды). В настоящее время к числу основных потенциально опасных геологических процессов и явлений в арктических морях относят: 1) мерзлотно-динамические явления в многолетнемерзлых породах; 2) газопроявления, включая интервалы разреза с аномально высоким пластовым давлением (АВПД); 3) перенос осадков и размыв дна, ледовое выпахивание, а также морфодинамику, связанную с флюидопроявлениями на морском дне; 4) сейсмотектонические процессы в районе работ, в том числе образование разрывных нарушений и смещений по ним;5) гравитационные процессы (оползни, обвалы, сплывы).

Одним из важнейших вопросов составления карты ОГПЯ является выбор цветовой основы для карты. Так как, по существу, опасные геологические процессы и явления имеют природное происхождение в их экстремальном выражении, то логичным решением был выбор в качестве основного картографического фактора, которому и был отдан цвет, фациальных (седиментационных) обстановок, отражающих условия современного (позднеголоценового) седиментогенеза. В основу легенды карты были положены три основные группы этих обстановок - аккумулятивные, денудационные и транзитные. Дальнейшая детализация проводилась на основе учёта общепринятых генетических типов морских отложений (ундалювиальные, флювиальные, декливиальные, нефелоидные) и глубин их распределения по площади. Следует отметить, что использование литофациальной основы для рассматриваемой карты было предпринято впервые, что потребовало большой работы по систематике и картографированию самих седиментационных обстановок. В результате удалось показать четкую связь между особенностями седиментогенеза и проявлениями различных геологических факторов (неотектонических движений, цунами и др.).

Существенно расширило набор картируемых седиментационных обстановок включение в полотно карты континентального склона и его подножия. Граница здесь проведена не по естественным природным признакам, а по очертаниям исключительной экономической зоны РФ. Поэтому она имеет причудливую форму, где-то захватывает даже хребет Гаккеля, а где-то приходит внутри шельфа. Однако это позволило рассмотреть весь спектр гравитационных процессов и генетические особенности осадков, накапливающихся у континентального подножия. Важнейший вклад в классификацию этих обстановок вносит анализ геоморфологических особенностей залегания донных отложений. Так, сами континентальные склоны по результатам многолетних исследований ВНИИОкеангеологии можно разделить на простые и сложные (ступенчатые). Сложные континентальные склоны, как и простые, начинаются от бровки шельфа, но характеризуются разнообразием осложняющих их форм рельефа [2]. Соответственно, меняется и характер гравитационных процессов на каждом из этих типов склонов. Непременным элементом морфологического строения континентальных склонов являются каньонообразные долины, которые сформированы в значительной мере турбидитовыми потоками. Наряду с проявлением гравитационных процессов на континентальном склоне в последнее время появились факты активного их развития на самом арктическом шельфе, преимущественно в его гляциальной составляющей, отличающейся изначально неровным рельефом морского дна с аномально глубокими депрессиями и с относительно крутыми склонами. Важным элементом формирования геологических опасностей являются мерзлотные процессы на шельфе, одним из следствий которых является формирование приповерхностных зон аномально высокого пластового давления. Однако, именно этот вопрос является одним из наиболее сложных для мелкомасштабного картографирования. Множество имеющихся концепций распространения

многолетних мерзлых пород (ММП) основано на моделировании геологических процессов и не всегда выдерживает сопоставления с практикой, Так, работы ЦМИ и ЦАСД МГУ на шельфе Печорского моря с использованием данных бурения существенно сократили площадь, где в кернах можно встретить мерзлые породы или ископаемый лед.

Особую группу ОГПЯ составляют процессы, связанные с ледниковым выпахиванием, объединяемые под термином «скоуринг». К ним относится как мегамасштабная ледниковая линейность (ММЛЛ), выявленная в последнее время на Карском и Баренцевом морях, так и многочисленные плугмарки или следы ледникового выпахивания, установленные на самых различных глубинах [3]. Так, на Карском море ММЛ имеет следующие параметры: длина борозд колеблется от 0, 4 км до 1, 6 км, ширина -50-150 м, средняя глубина -2 м, крутизна стенок - до 5°, ориентировка-ЮЗ-СВ (65-70°). Эти формы рельефа связаны с деятельностью позднечетвертичных ледников и представляют опасность только как формы рельефа. В отличие от этого ледниковая экзарация отражает также современные мелкомасштабные рельефообразующие процессы и указывает на возможность воздействия на техногенные объекты современных айсбергов и стамух.

Более детально особенности проявления ОГПЯ на шельфе арктических морей, проиллюстрированы на ключевых участках, охватывающих различные физико-географические зоны и характеризующихся различным тектоническим режимом. Эти участки выбраны в связи наличием в них антропогенных объектов, в районах распространения на шельфе лицензионных участков для добычи углеводородного сырья, а также с активным развитием отдельных типов опасных геологических процессов и явлений. Это позволяет дать им более детальную характеристику, что позволит более точно учитывать геологические опасности для промышленно осваиваемых участков континентальной окраины в будущем.

Заключение

Подготовленная во ВНИИОкеангеологии «Карта опасных геологических процессов и явлений Арктических морей в пределах экономической зоны РФ масштаба 1:5000000» является развитием «Инженерно-геологической карты Арктического шельфа» того же масштаба и дает пространственное представление о распространении ОГПЯ в различных районах Арктики. Эта работа является продолжением работ Института в Арктических морях и является надежной основой для районирования шельфовых морей в период планирования инженерно-геологических изысканий на лицензионных участках Роснефти и Газпрома.

Список литературы

1. Застрожнов А.С., Шкатова В.К., Минина Е.А и др. Новая карта четвертичных отложений масштаба 1:2 500 000 территории Российской Федерации // Материалы VII Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. Апатиты: - 2011. -Т. 1. - С. 209-211.

2. Зинченко А.Г. Два типа континентальных склонов в Северном Ледовитом океане (в связи с проблемой внешней границы континентального шельфа) // 70 лет в Арктике, Антарктике и Мировом океане. СПб.: ВНИИОкеангеология, - 2018. - С. 31-39.

3. Рыбалко А.Е., Миронюк С.Г., Росляков А.Г. и др. Новые признаки покровного оледенения в Карском море: мегамасштабная ледниковая линейность в Восточно-Новоземельском желобе // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. Санкт-Петербург: - 2020. – С.175-181

УДК 551.79(4)+551.7

ЛИТОЛОГИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА КАК ОТРАЖЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЕГО РАЗВИТИЯ В ПОЗДНЕ-ПОСЛЕЛЕДНИКОВОЕ ВРЕМЯ

LITHOLOGY OF QUATERNARY SEDIMENTS OF LAKE ONEGA AS A REFLECTION OF THE FEATURES OF ITS DEVELOPMENT IN THE LATE-POSTGLACIAL PERIOD

Рыбалко А.Е. [1,2,3], Субетто Д.А.[3,4], Страховенко В.Д.[3,5], Беляев П.Ю.[3,6], Белкина Н.А.[3], Токарев М.Ю.[7], Савельева Л.А.[2], Федоров Г.Б.[2], Корост С.В.[7], Барымова А.А.[1,7]

[1]Центр морских исследований МГУ,

[2] Институт наук о Земле СПБГУ,

[3]Институт водных проблем Севера, КарНЦ РАН,

[4]Российский Государственный педагогический университет им. А.И. Герцена,

5 Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,

[6] ФГБУ «ВНИИОкеангеология»,

[7] МГУ им. М.В. Ломоносова

Rybalko A.E. [1,2,3], Subetto D.A. [3,4], Strakhovenko V.D. [3,5], Belyaev P.Yu. [3,6], Belkina N.A.[3], Tokarev M.Yu.[7], Savelyeva L. A.[2], Fedorov G.B.[2], Korost S.V. [7], Barymova A.A.[1,7]

[1]Center for Marine Research, Moscow State University,

[2] Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University,

[3]Institute of Water Problems of the North, KarRC RAS,

[4]Russian State Pedagogical University. A.I. Herzen,

[5] Institute of Geology and Mineralogy named after V.S. Sobolev SB RAS,

[6] FSBI "VNIIOkeangeologiya",

[7] Moscow State University M.V. Lomonosov

Введение

Начиная с 2015 года Институт водных проблем Севера, МГУ и дочерние его организации, Институт наук о Земле СПБГУ провели комплекс геолого-геофизических работ, направленных на изучение четвертичных отложений Онежского залива и проведение палеореконструкций по его развитию в позднем неоплейстоцене - голоцене. Результаты этих работ уже неоднократно обсуждались [1,3]. Полученные данные были использованы для

актуализации «Карты четвертичных отложений Онежского озера» масштаба 1:1000000. При работах на Онежском озере в период с 2015 по 2021г.г., включая мелкие озера по его периферии, удалось составить каркас сейсмостратиграфической схемы, провести интерпретационный геологический пробоотбор, включая бурение со льда. Также была представлена литостратиграфическая схема четвертичных отложений центральной части Онежского озера. В настоящем сообщении мы хотели бы остановиться на характеристике вещественного состава донных отложений и как они отражают изменение седиментационного режима от приледниковых озерных бассейнов до современного озера.

Методика исследований

Палелимнологические работы, проведенные нами в 2014-2020 г.г. носили комплексный характер. На первом этапе были проведены геофизические исследования, в состав которых входили: сейсморазведка сверхвысокого разрешения (ССВР) с источником «бумер», сейсморазведка ультравысокого разрешения (СУВР), гидролокация бокового обзора (ГЛБО). Данный комплекс позволяет производить детальные исследования дна и поддонных границ, обеспечивая глубинность до 50-100 м, в зависимости от сейсмогеологических условий региона. Сейсмические данные послужили основой для выбора контрольных точек пробоотбора. Геологический пробоотбор проводился для заверки сейсмоакустических данных, а также получения материала для дальнейших литолого-стратиграфических исследований. Использовалась грунтовая прямоточная трубка с пластмассовым вкладышем диаметром 110 мм. Основной материал для дешифрирования геофизических данных был получен в результате бурения четвертичных отложений с помощью поршневой системы для отбора колонок донных отложений производства UWITEC(Австрия).

Полученные результаты.

Геолого-геофизические исследования позволили вскрыть полный разрез четвертичных отложений в Онежском озере. В основании четвертичных отложений залегает морена осташковского оледенения. Она представлена тугопластичными глинами серо-коричневого цвета с прослоями супесей, включениями красноватого песка и примесью гальки. Вниз по разрезу плотность моренных образований возрастает, как и доля песчано-галечной фракции. Выше по разрезу, местами замещая моренные, залегают флювиогляциальные отложения, которые сложены глинистыми песками коричнево-серого цвета, галькой, дресвой.

Морена и флювиогляциальные отложения повсеместно перекрыты лимногляциальными отложениями, которые разделены на 3 последовательно чередующиеся пачки. В целом, эти отложения представлены ритмичными коричневыми тугопластичными глинами, серыми

песками и песчано-глинисто-алевритовыми миктитами. Выше залегают ленточные ритмично переслаивающиеся песчаные алевриты серого-тёмно серого цвета и мягко-тугопластичные глины серо-коричневого и буровато-серого цвета. Верхняя пачка лимногляциальных отложений представлена микрослоистыми глинами серого, светло-бурого, коричнево-серого цвета иногда с кремоватым либо зеленоватым оттенком, которые переходят в однородные светло-серые текуче-пластичные глины.

Верхняя часть отложений котловины Онежского озера представлена озёрными отложениями - текуче-пластичными и текучими глинистыми алевритами и алевропелитами серого и зеленовато-серого цвета (нижняя часть). Верхняя часть сложена гитиями и жидким глинистым наилком тёмно-бурого цвета с прослоями песка.

Палинологические исследования, данные абсолютного датирования позволили составить стратиграфическую схему от аллереда (неоплейстоцен) до субатлантических слоев голоцена [3], что позволило осветить основные этапы развития Онежского озера и сопоставить их с Ладожским озером и Белым морем [2].

Остановимся подробнее на литологической характеристике донных отложений. Ледниковые отложения, мощность которых по данным сейсмоакустических исследований могла превышать 5-8м, были вскрыты только с поверхности в результате бурения. Специальных литологических исследований здесь не проводилось, а состав осадков дан выше. Важно, что верхняя часть разреза ледниковых отложений сложена переслаиванием глин с серыми суглинками и отдельными прослоями песков.

Выше залегают отложения ледниково-озерного происхождения, которые в основании представлены глинами коричневого цвета, серыми песками и алевритами серого цвета. По данным радиографии до интервала 7,25м продолжается неотчетливое возрастание мощности слойков.. Мощность более грубозернистых (темных) ритмитов варьирует от 0,1 мм до 1,5 см. Толщина темных слойков, соответствующих более глинистым осадкам, колеблется в диапазоне 0,1 мм – 2 см. Характерна четкая градационная текстура. Отмечаются единичные включения обломков гравийной размерности, что указывает на достаточно мощный ледовый разнос. Это проксимальные фации приледникового озера, непосредственно накапливающиеся у края ледника. Они перекрываются пачкой типичных ленточных глин (средняя пачка). Слоистость близка к ритмичной, отчетливо градационная. Мощность ритма – от 1 до 12 мм. Это также проксимальные глины, но они уже формировались в удалении от края ледника. Эти глины, в свою очередь, перекрыты слоистыми и микрослоистыми мягкопластичными глинами верхнего горизонта. Присутствуют прослои аутигенных минералов (родохрозит и вивианит). По данным радиотомографии весь данный интервал представляет тонкое переслаивание алевритов и глинистых осадков. Толщина алевритовых прослоев, составляет от долей мм до 1 см, глинистых - 1 мм – 1 см. Мощность пар слойков

постепенно растет вниз по интервалу. Это уже дистальные фации ледниково-озерных отложений. Гранулометрический состав отложений близок к миктитовому с преобладанием алевропелитовых фракций и постоянным присутствием песчаной фракции. В нижних слоях лимногляциалов примесь песка может превышать 10%, вверх по разрезу примесь песка уменьшается до первых процентов и ниже.

Залегающая выше пачка серых монотонных глин, лишена признаков слоистости. Отмечаются пятна органики, а также полосы черного цвета, сложенные гидроокислами Mn. По данным радиотомографии отмечаются единичные включения песчаных зерен, наличие разноориентированных пустот от газов, а также наличие отдельных прослоев толщиной 1 см песчаного состава. С интервала 3м начинается переслаивание глинистых осадков мощностью 1-5 см. с прослоями алеврито-глинистого состава (мощностью не более 0,1-0,5 см. По данным биостратиграфических исследований формирование этих осадков шло в позднем дриасе.

Текстурный анализ (рентгенография) показал, что верхняя часть иловой толщи (озерные нефелоиды) до глубин 60-70см представлена осадками со слабо выраженной слоистостью и включениями крупно-песчаной – мелко гравийной размерности. Отмечаются пустоты линзовидной формы, хаотично ориентированные, образованные газами биогенного происхождения. Глубже начинает проявляться слоистость. По данным гранулометрического анализа отмечается чередование существенно алевритовых и алевропелитовых осадков, что указывает на то, что на протяжении верхнего голоцена происходили трансгрессивно-регрессивные колебания уровня озера.

Детальные исследования с помощью мелких трубок (длиной до 1 м) показали, что в Онежском озере существуют два типа разреза верхней части голоценовых озерных нефелоидных отложений. В колонках 1-го типа, распространённых на открытой части озера, где придонные воды обогащены кислородом, ниже геохимического барьера «вода – осадок» формируются рудные слои, сложенные бернесситом, пиролюзитом, аморфным и кристаллическим гётитом. Колонки донных отложений 2-го типа наблюдаются в заливах Онежского озера, где в придонных водах обычно наблюдается дефицит растворенного кислорода. Вследствие этого ионы растворимого Mn^{2+}, Fe^{2+} мигрируют из нижних слоёв осадка вверх до границы вода–осадок, что подтверждается более высокими на порядок содержаниями Fe, Mn в надиловой воде в местах отбора колонок, свойственных колонкам 1-го типа. Рудные слои здесь отсутствуют. Начиная с первых сантиметров осадка, к основным минералам-концентраторам Fe (Fe-хлорит, Fe-иллит) добавляются сидерит, вивианит, пирохроит, родохрозит [Страховенко и др., 2018].

Заключение

Таким образом, изменение вещественного состава донных отложений четко отражает изменение условий седиментогенеза. Континентальный ледниковый литогенез привел к образованию неоднородного слоя отложений, сложенного несортированным песчано-глинистым материалом с примесью практически неокатанного грубообломочного материала. Таяние льда и формирование приледникового озера ознаменовалось началом циклической седиментации, связанной с неоднородным таянием ледника. Вблизи его края сгружались преимущественно песчанистые осадки, мощность циклитов была значительной, а повторяемость их определялась особенностями формирования талого режима, который не обязательно совпадал с годовой ритмикой. Постепенное освобождение онежской впадины от ледника и отступание его края приводило к уменьшению объема твердого стока, что нашло отражение в уменьшении мощности циклитов и постепенному утонению гранулометрического состава, в том числе замены песчанистых слойков на алевритовые. Это указывает, что в этот период в озеро поступал уже только взвешенный минеральный материал, причем сама слоистость становится более ритмичной и в целом совпадает с годовой ритмикой. В конце неоплейстоцена ледник окончательно покинул онежскую впадину и материал ледникового таяния поступал сюда только с речным стоком. Озерный этап связан с расцветом на берегах растительности, увеличением сноса органического материала с берегов и появлением органической жизни в самом озере. Именно с конца раннего голоцена в Онежском озере начался этап накопления озерных илов, сопровождаемый проявлением аутигенеза марганцсодержащих минералов.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 18-05-00303 и РНФ 18-17-00176-П

Список литературы

1.Рыбалко А.Е., Токарев М.Ю., Суббето Д.А. и др. Карта четвертичных отложений Онежского озера: результаты комплексных геолого-геофизических работ в 2016-2019 гг // Труды IX Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2020)» Том. 3. -Тверь: ООО «ПОЛИПРЕСС», - 2020, - С. 401-404

2. Рыбалко А.Е., Субетто Д.А., Токарев М.Ю. и др. Палеогеография восточного склона Балтийского кристаллического щита в позднем неоплейстоцене и голоцене: формирование Белого моря, Онежского и Ладожского озер и Финского залива // Палеонтология, стратиграфия и палеогеография мезозоя и кайнозоя бореальных районов– Новосибирск: ИНГГ СО РАН, - 2021. – С.366-370.

3. Subetto D, Rybalko A., Strakhovenko V., Belkina N. et al, Structure of Late Pleistocene and Holocene Sediments in the Petrozavodsk Bay, Lake Onego (NW Russia) // Minerals - 2020, - no, 10 p.p. www.mdpi.com/

УДК 551.462

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ПИНГОПОДОБНЫХ ФОРМ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО МАТЕРИАЛАМ 38-ГО И 41-ГО РЕЙСОВ НИС «АКАДЕМИК НИКОЛАЙ СТРАХОВ»)

GEOMORPHOLOGY OF PINGO-LIKE STRUCTURES OF THE SOUTH-EASTERN PART OF THE BARENTS SEA (BY RESULTS OF LEGS 38 AND 41 OF R/V “AKADEMIK NIKOLAY STRAKHOV”)

Кохан А. В.[1], Денисова А.П.[2], Мороз Е. А[3], Сухих Е.А.[3], Зарайская Ю.А.[3], Разумовский А.А[3]

[1]ООО Сварог, Москва; [2]МГУ им. М.В.Ломоносова, Географический факультет, Москва; [3]Геологический Институт РАН, Москва

Kokhan A.V.[1], Denisova A.P.[2], Moroz E.A.[3], Sukhih E.A.[3], Zarayskaya Yu.A.[3], Razumovskiy A.A.[3]

[1]Svarog LLP, Moscow; [2]MSU Faculty of Geography, Moscow; [3]Geological Institute of RAS, Moscow

Введение

Подводные пингоподобные формы (pingo-like features) представляют собой малоизученный геолого-геоморфологический феномен. В юго-восточной части Баренцева моря в ходе работ по научной программе 38 и 41-го рейсов НИС «Академик Николай Страхов» на полигоне, где развиты такие формы, были проведены комплексные геолого-геофизические работы, включавшие многолучевое эхолотирование, сейсмоакустическое профилирование акустическим профилографом и источником спаркер. Целью исследования был анализ строения рельефа дна и верхней части осадочного чехла на основании ЦМР дна в разрешении 10х10 м и сейсмических данных. По результатам работ были сформированы предварительные представления о геоморфологическом строении полигона работ.

Данные и методы

Работа основывается на батиметрических и сейсмических данных полученных многолучевым эхолотом SeaBat 8111, профилографом EdgeTech 3300 и системой непрерывного сейсмопрофилирования. Съемка была выполнена на полигоне в центральной части Печорского моря площадью около 50 км^2. Сбор данных осуществлялся одновременно. По результатам сбора и обработки данных была сформирована цифровая модель рельефа дна полигона съемки и получен набор файлов сейсмических разрезов в формате SGY. Обработка сейсмических данных непрерывного сейсмопрофилирования выполнялась в программном пакете Radex, интерпретация данных профилографа и сейсмопрофилирования – в пакете SMT Kingdom. Наряду с оцифровкой сейсмических границ была выполнена регистрация газопроявлений в водной толще на сейсмических разрезах профилографа в максимальном усилении. Сводный анализ и интерпретация данных выполнялись в свободно распространяемом пакете QGIS.

Опубликованные сведения о геолого-геоморфологическом строении полигона работ

Полигон работ был впервые обследован в ходе работ АМИГЭ в 1988 год [Бондарев и др., 2002]. В ходе первичного обследования были обнаружены изометричные поднятия. В 1995-96 гг. были выполнены детальные работы включавшие бурение, сейсмопрофилирование и гидролокацию на площади 25 км^2.

По результатам бурения на полигоне и близлежащих участках дна Печорского моря разрез четвертичных отложений представлен грунтами следующих разновидностей. С поверхности дна залегают морские голоценовые илы (mH) мощностью до первых метров. Ниже по разрезу залегают морские верхнесартанские суглинки (mQIII^4) мощностью до 10 м

и нижнесартанские аллювиальные пески ($aQIII^4$) мощностью до 15-20 м. Верхнесартанские отложения подстилаются глинистыми сильнольдистыми морскими казанцевскими глинами и ледогрунтами ($mQIII^{1-3}$). Ниже залегают среднеплейстоценовые образованиями, представленные ледниковыми или ледово-морскими переуплотненными глинами и суглинками мощностью 30-50 м (g, gmQII). В основании четвертичного разреза представлены нижнеплейстоценовые аллювиально-морские отложения (amQI) мощностью 20-50 м и более песчаного состава. Многолетнемерзлые грунты были вскрыты в скважинах при глубинах моря 10-30 м. Кровля мерзлых грунтов залегает на глубине 20-30 м ниже поверхности дна. Установленная мощность мерзлой толщи составляет от 20 до 40 м. Распространение многолетнемерзлых льдистых грунтов носит островной характер. Непосредственно на полигоне кровля мерзлых грунтов располагается на глубинах 20-30 м ниже дна в верхнесартанской толще.

В результате бурения было установлено, что изометричные поднятия сложены казанцевскими пластичномерзлыми сильнольдистыми глинами, суглинками и ледогрунтами с содержанием льда, достигающим 50-90 % от объема и более. Изометричные поднятия прорывают вышележащую верхнесартанскую толщу в форме диапиров.

Результаты работ

Полигон располагается в границах абразионно-аккумулятивной равнины внешней части Печороморского шельфа с отметками глубин от 40 до 80-100 м, на участке полигона равнину в субмеридиональном направлении пересекает понижение относительной глубиной около 40 м и шириной по бровкам порядка 30 км. В крайней юго-западной части полигона понижение сужается и раздваивается с образованием останца, отраженного в рельефе полигона.

Глубины в границах полигона изменяются от 48 до 82 м (рис. 1). По материалам съемки в пределах полигона было выявлено 870 поднятий изометричной или удлиненной в плане формы. Высота их изменяется в диапазоне от первых метров до 30-35 м, размеры в плане – 35-40 до 150-200 м. На отдельных участках поднятия соединяются в удлиненные формы С-Ю и З-В ориентировки. Вершины поднятий преимущественно куполовидной формы, отдельные формы обладают кратеровидными впадинами в осевой части.

На полученных сейсмических данных сверху вниз были выделены три сейсмостратиграфических комплекса (ССК, рис. 2): залегающий с поверхности плащеобразно облекающий нижележащие отложения ССКI с хаотической высокоамплитудной записью мощностью от 1-2 м до 10-15 м (ассоциируется с морскими голоценовыми илами и верхнесартанскими суглинками (mH-QIII4); акустически слоистый ССКII мощностью от 5-10 до 20-25 м (ассоциируется с аллювиальными верхнесартанскими песками ($aQIII^4$); акустически непрозрачный ССКIII с кровлей, представленной сложно построенной системой отражений различной геометрии и сложным рельефом поверхности (ассоциируется с кровлей мерзлоты и/или кровлей мерзлых сильнольдистых казанцевских глин и суглинков ($mQIII^{1-3}$).

Отложения ССКI залегают во впадинах окружающих изометричные поднятия, плащеобразно облекают неровности рельефа кровли ССКII или формируют мощные накопления у западной и восточной границ полигона на склонах палеодолины. Отложения ССКII распространены на полигоне повсеместно за исключением участков изометричных поднятий, они интенсивно дислоцированы и облекают рельеф поверхности ССКIII. Отложения ССКIII с высокоамплитудным рельефом кровли формируют погребенные поднятия и обнажаются на поверхности дна в виде поднятий выраженных в рельефе дна.

По результатам комплексной интерпретации батиметрических данных и результатов сейсмических работ была сформирована следующая концепция геоморфологического строения полигона работ. В его составе выделяется 4 района (рис. 1). Район 1 представлен поверхностью останцов в осевой части палеодолины. В его рельефе выражены пологие формы пучения хаотично расположенные в плане, высотой 5-10 м и шириной до 300-400 м, связанные с пологими поднятиями кровли ССКIII (рис. 1). В границах района изометричные поднятия и газопроявления практически не встречены. Район 2 представлен поверхностью правого борта палеодолины.

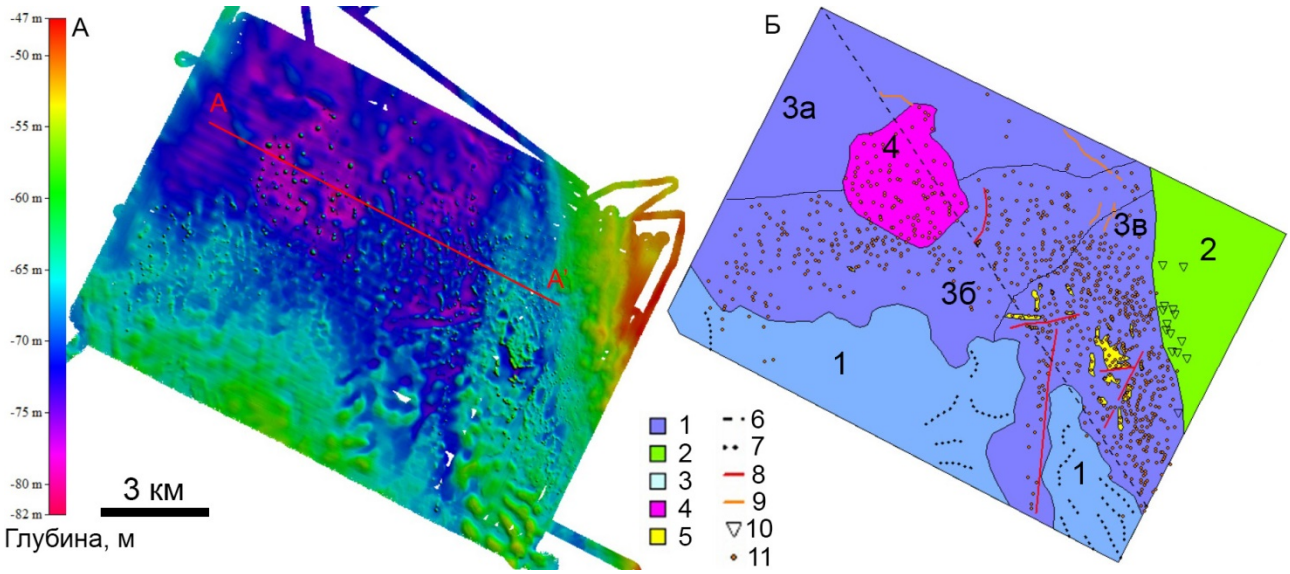


Рис 1. А – Рельеф дна полигона работ, Б – геоморфологическая схема. 1-4 – геоморфологические районы, 5 – крупные массивы отложений ССКIII, 6 – разлом, 7 – оси форм пучения, 8 – линейные скопления поднятий, 9 – эрозионные рвы, 10 – покформы, 11 – изометричные поднятия.

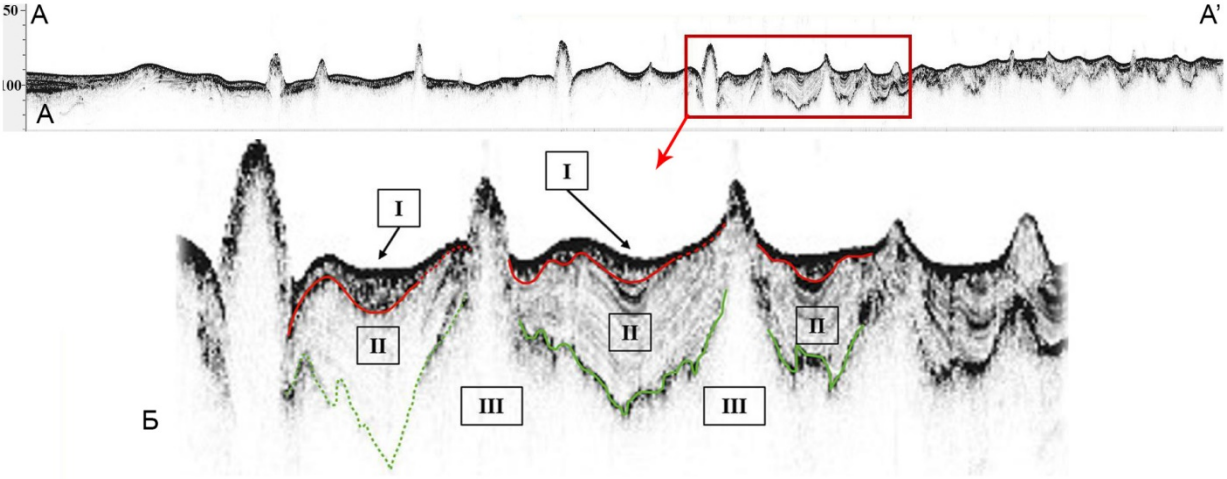


Рис. 2. Строение верхней части разрез по данным профилографа (частота сигнала 2-12 кГц, положение профиля показано красной линией на рис.1) по (Denisova, et al. 2020) с уточнениями . А – строение осадочной толщи, Б – разрез с выделенными отражающими горизонтами и номерами ССК.

Поверхность дна выровненная, встречаемость газопроявлений невысокая. Здесь наблюдаются единичные покформы в виде округлых впадин глубиной до 2-3 м и диаметром до 40-50 м (рис. 1). Район 3 занимает днище палеодолины и отличается широким развитием изометричных поднятий. На отдельных участках на поверхности дна обнажаются массивы отложений ССК3 удлиненной в плане формы (рис. 1). Для восточной части района (3в на рис. 1) характерно сочетание таких массивов и относительно небольших по размерам изометричных поднятий. Для центральной части района (3б на рис. 1) характерны наиболее крупные поднятия, в западной части района (3а на рис. 1) поднятия не встречаются. Наибольший их размер приурочен к переуглубленной впадине в северо-западной части полигона работ, выделенной в отдельный район 4 (рис. 1). В средней части полигона располагается надвиг СЗ-ЮВ простирания. Отдельные линейные тренды в распределении поднятий могут быть связаны с разломами, оперяющими надвиг. Повсеместно рельеф осложнен проявлениями аккумулятивно-эрозионной деятельности придонных течений вероятно преобладающего северного направления. Благодаря активности течений формируются аккумулятивные шлейфы с северного борта поднятий и эрозионные рвы во впадинах, прилегающих к ним и на выровненной поверхности дна (рис. 1).

На основании имеющихся данных можно предложить следующую концепцию строения и эволюции рельеф дна полигона, подтверждающую данные специалистов АМИГЭ [Бондарев и др., 2002]. В период предшествующий послеледниковой трансгрессии территория подстилалась мерзлой толщей значительной мощности. После трансгрессии и затопления территории началось растепление разреза грунтов и таяние мерзлоты снизу и сверху. В подмерзлотной части разреза накапливались термокаталитические газы, газы связанные с диссоциацией подмерзлотных газогидратов, и биогенный газ, связанный с активностью микроорганизмов в мерзлоте, тающей снизу. В определенный момент времени эти газы создали достаточное давление. В сочетании с растеплением вышележащего флюидоупора в виде казанцевских глин и суглинков это сделало возможным мобилизацию льдистых глинистых отложений на участках ослабленных зон и палеоталиков в массиве грунта. Мобилизация осадков в разрезе имела место не только непосредственно под формирующимися изометричными поднятиями в вертикальном направлении, но и латерально. Она происходила, в том числе, под литостатическим давлением толщ грунтов, перекрывающих казанцевские глины и суглинки. При этом в миграцию вовлекались тем большие массы осадков, чем выше была пористость, льдистость и проницаемость массива грунта на участке развития конкретной группы форм. Латеральная миграция осадков приводило к проседанию поверхности дна и последующему формированию новых ослабленных зон в массиве грунта и формированию групп из нескольких крупных поднятий и сопровождающих поднятия компенсационных впадин.

Полученные нами данные и опубликованные материалы [Бондарев и др., 2002; Paull et al., 2007; Shearer et al., 1971] позволяют классифицировать обнаруженные на полигоне поднятия как пингоподобные структуры (pingo-like structures). Формы на полигоне работ и на шельфе моря Бофорта обладают сходным строением и генезисом. Их происхождение, по-видимому, связано с процессами в верхней части чехла четвертичных отложений, а именно «выжиманием» мерзлых грунтов к поверхности по ослабленным зонам (разломам, таликам и неоднородностям в массиве грунта). Неравномерность распределения поднятий может быть обусловлена локальными различиями в строении массива грунта. Необходимо отметить, что предварительная оценка газопроявлений на полигоне работ показала их наличие на подавляющем большинстве поднятий. Характер, механизм и объемы газа поступающего в водную толщу (биогенный/термокаталитический/смешанный) неизвестен. Также неясным остается вопрос динамики форм. Пингоподобные поднятия интересны с точки зрения освоения Арктического шельфа, так как представляют опасность для сооружений и судоходства. С точки зрения анализа изменений климата важным является вопрос оценки объемов и характера газов, поступающих в водную толщу и атмосферу на участке полигона. Для дальнейшего прояснения природы поднятий и газопроявлений необходимы детальная газогеохимическая съемка и повторные съемочные и буровые работ.

Список литературы

Бондарев В.Н., Рокос С.И., Костин Д.А., Длугач А.Г., Полякова Н.А. Подмерзлотные скопления газа в верхней части осадочного чехла Печорского моря // Геология и геофизика. – 2002. – Т. 43. – № 7. – С. 587–598.

Denisova A.P. et al. Relief of degassing areas in the eastern part of the Pechora Sea. Proceedings of the International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions. ISSN :2077-7841 (https://poac.com/Papers/2021/pdf/POAC21-013.pdf)

Paull C. K. et al. Origin of pingo-like features on the Beaufort Sea shelf and their possible relationship to decomposing methane gas hydrates // Geoph. Res. Lett.. – 2007. – V. 34. – L01603, doi:10.1029/2006GL027977.

Shearer J.M. et al. Submarine pingoes in the Beaufort Sea // Science. – 1971. – V. 174. № 4011. –P. 816-818.

УДК 550.8.05

РЕЗУЛЬТАТЫ СУДОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ МЕТАНА НАД СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКОЙ И ПРИЛЕГАЮЩЕЙ АРКТИКОЙ ЛЕТОМ 2020 Г.

RESULTS OF SHIP MEASUREMENTS OF METHANE OVER THE NORTHERN ATLANTIC AND THE ADJACENT ARCTIC IN SUMMER 2020

Новигатский Александр Николаевич[1], Беликов Игорь Борисович[2], Белоусов Валерий Анатольевич[2], Скороход Андрей Иванович[2], Клювиткин Алексей Андреевич[1]

[1]*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук*

[2]*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук*

Novigatsky Alexander Nikolaevich[1], Belikov Igor Borisovich[2], Belousov Valery Anatolyevich[2], Skorokhod Andrey Ivanovich[2], Klyuvitkin Alexey Andreevich[1]

[1]*Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences*

[2]*Obukhov Institute of Atmospheric Physics of Russian Academy of Sciences*

Введение

Атмосферные выбросы и концентрация метана (CH_4) продолжают увеличиваться, что делает CH_4 вторым по значимости парниковым газом с точки зрения воздействия на климат после двуокиси углерода (CO_2) [Saunois et al., 2020]. Однако атмосферный бюджет метана, в настоящее время, имеет большие неопределенности [Etiope et al., 2019], с чем и связана актуальность настоящих исследований. По некоторым данным, на долю геологических источников, включая океан, приходится порядка 40% глобального потока метана [Адушкин и др., 2003; Etiope et al., 2008]. Регистрация такого метана вызывает большие сложности в связи с распределенностью его источников в пространстве, недоступностью ряда районов и нерегулярностью истечения.

Важнейшим условием для формирования скоплений углеводородов на дне океана является наличие зон крупномасштабных тектонических нарушений, где могут происходить процессы серпентинизации пород верхней мантии – где под воздействием океанской воды происходит выделение водорода и метана, которые попадают в поднимающиеся термальные воды. В этом ключе, наибольший интерес представляют районы вдоль трансформных разломов, по которым происходит длительное смещение литосферных блоков. Кроме того, одним из основных летучих компонентов гидротерм Срединно-океанических хребтов – является водород и метан, образующиеся за счет серпентинизации в зонах тектонического нарушения сплошности океанической коры [Матвеенков и др., 2005]. Выброс природного газа из геологических источников не происходит с постоянной скоростью. Так, например, пульсационный режим сейсмической активности Курильской котловины вызвал максимальный поток метана (высота более 2000 м), что является самым высоким и мощным в Мировом океане зафиксированным на сегодняшний день [Обжиров и др., 2018]. Однако процессы микробного окисления на Земле захватывают и удаляют более 50% метана, прежде чем он достигнет атмосферы [Reeburgh, 2003]. Кроме того, микробное окисление особенно эффективно в океанах [Reeburgh, 1996].

Данные и методы

В период с 31 июля по 25 августа 2020 года в 80-м рейсе НИС "Академик Мстислав Келдыш" были проведены непрерывные наблюдения концентраций метана в приводном воздухе морей арктического региона и Северной Атлантики. Маршрут рейса пролегал от

порта Калининград через Балтийское море и Датские проливы в Северное и Норвежское моря, затем в Баренцево море до кромки льдов 83° с.ш., и далее через Белое море в порт Архангельск (Рис. 1).

Для проведения измерений был применен специализированный измерительный комплекс на основе анализатора изотопного состава метана (далее - прибор) типа G2132-i производства компании Picarro Inc. (США), владелец ИФА РАН. Принцип действия этого прибора основан на т.н. спектроскопии времени затухания резонатора (СВЗР) (англ. cavity ring-down spectrometry, CRDS) [Скороход и др., 2016]. Прибор относится к классу контактных газоанализаторов, так что исследуемый воздух подается по трубопроводу в измерительную схему прибора, размещенную внутри последнего. Временной интервал полученных рядов – 1 минута. Ряды были дополнены навигационной информацией с устройства GPS, а так же метеорологической информацией от судовой метеостанции [Pankratova et al, 2018].

Результаты

В результате проведения наблюдений получены непрерывные ряды концентраций метана в приводном воздухе над морями Североатлантического и Арктического регионов (Рис. 1).

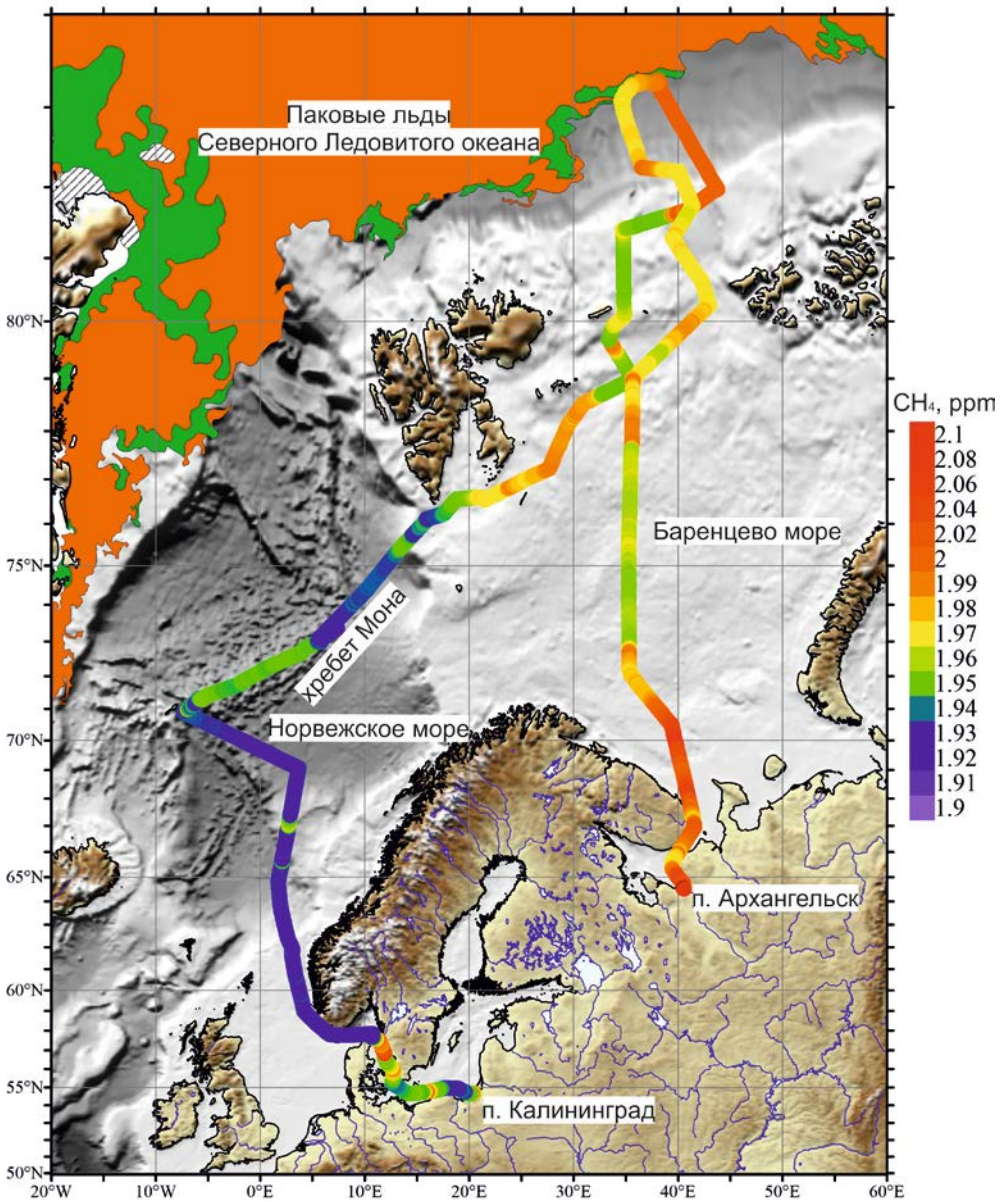


Рис 1. Концентрация метана (ppm) по маршруту 80-го рейса НИС "Академик Мстислав Келдыш".

Проведенные исследования показали наличие фоновых концентраций на большей части маршрута судна. Так, значения концентрации метана преимущественно находились в диапазоне 1,91–1,95 ppm (Рис. 1).

Резкие пики метана величиной до 2,1 ppm были обнаружены при пересечении осевой части Ян-Майенского трансформного разлома (глубина 2500 м), повторно небольшой пик был зафиксирован на более молодом по геологическому возрасту северном борту этого трансформного разлома. Также был отмечен пик метана величиной до 2,0 ppm (Рис. 1) в районе подводного вулкана Троллвегген, хребет Мона (глубина 550 м). По экспертной оценке выбросы геологического метана, в том числе при гидротермальной деятельности Срединно-океанических хребтов, находятся на одном и том же или более высоком уровне, чем любые другие источники [EEA Report…, 2016].

На метановом сипе залива Стурфьорд, архипелага Шпицбергена, на эхолоте зафиксирован факел около ста метров высотой на глубине 385–480 м, однако концентрации метана в атмосфере при этом не превышали фоновых (1,93–1,95 ppm) (Рис. 1).

При прохождении арктического фронта, вдоль восточного побережья арх. Шпицбергена (бассейн Короля Карла), наблюдалось общее повышение концентрации метана до 2,0 ppm (Рис. 1), в это время зарегистрирован поверхностный водный фронт с понижением температуры на 1–2 градуса.

Общее увеличение концентраций метана имело место в центральной части Баренцева моря (до 2,0–2,16 ppm), в частности, при прохождении Центральной возвышенности и Северо-Канинской банки (Рис. 1). В связи с чем, существует предположение, что большинство площадей углеводородных месторождений имеют положительные потоки метана [EEA Report…, 2016].

Высокие концентрации метана (от 2,0 до 3,6 ppm) регистрируются в районах с высокой техногенной нагрузкой (порт Калининград и Архангельск, портовые нефтеналивные хранилища, Светловская ТЭС, Датские проливы) (Рис. 1).

Заключение

В результате проведенных исследований в приводном слое атмосферы Североатлантического и Арктического регионах подтверждены фоновые концентрации метана в диапазоне 1,91–1,95 ppm.

Выявлены повышенные концентрации метана (2,0–2,1 ppm.) вдоль Срединно-океанического хребта (хребет Мона). Это косвенно подтверждает, что одним из основных летучих компонентов гидротермальной деятельности Срединно-океанических хребтов является метан.

Для большей части Баренцева моря характерны высокие (выше общего фона) концентрации метана (2,0–2,16 ppm). Это связано с тем, что большинство площадей углеводородных месторождений имеют положительные потоки метана

Высокие содержания метана (2,0–2,03 ppm) в приводном слое атмосферы в крест простиранию склона Северного Ледовитого океана (выше 80° с.ш.) может косвенно свидетельствовать о наличии углеводородных залежей.

Максимальные значения метана обнаружены в районах с интенсивной техногенной нагрузкой (от 2,0 до 3,6 ppm).

Экспедиция проведена в рамках Государственного задания Минобрнауки России, темы № 0128-2021-0006 и 0129-2019-0002; участие научной группы обеспечено грантами: РНФ №№ 20-17-00157 (исследования на гидротермах), 19-17-00234 (эколого-геохимические исследования), РФФИ №№ 19-05-00787 (потоки вещества), 19-05-50090 (микрочастицы). Подготовка и калибровка научного оборудования обеспечено грантом РНФ № 20-17-00200.

Список литературы

Адушкин В.В., Кудрявцев В.П., Турунтаев С.Б. Глобальный поток метана в межгеосферном газообмене // Доклады Академии наук. – 2003. – Т. 391. – №. 6. – С. 813–816.

Матвеенков В.В., Седов А.П., Волокитина Л.П. Возможная связь скоплений углеводородов с трансформными границами плит // Океанология. – 2005. – Т. 45. – №. 4. – С. 605–613.

Обжиров А.И., Баранов Б.В., Шакиров Р.Б., Прокудин В.Г., Мальцева Е.В. Оползневые процессы в районе юго-западного склона Курильской котловины Охотского моря // Геосистемы переходных зон. – 2018. – Т. 2. – № 2. – С. 92–98.

Скороход А.И., Панкратова Н.В., Беликов И.Б., Томпсон Р.Л., Новигатский А.Н., Голицын Г.С. Атмосферный метан и его изотопный состав над морями Российской Арктики по результатам судовых измерений летом и осенью 2015 года // Доклады Академии наук. – 2016. – Т. 470. – № 5. – С. 580–584.

EEA Report: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 // European Environment Agency. – 2016. – № 21/2016. – DOI: 10.2800/686396.

Etiope G., Lassey K.R., Klusman R.W., Boschi E. Reappraisal of the fossil methane budget and related emission from geologic sources // Geophysical Research Letters. 2008. V.35. L09307.

Etiope G., Schwietzke S. Global geological methane emissions: An update of top-down and bottom-up estimates // Elementa: Science of the Anthropocene. – 2019. – V 7. – P. 47.

Pankratova N., Skorokhod A., Belikov I., Elansky N., Rakitin V., Shtabkin Y., Berezina E. Evidence of atmospheric response to methane emissions from the East Siberian Arctic shelf // Geography, environment, sustainability. – 2018. – Т. 11. – №. 1. – С. 85–92.

Reeburgh W.S. “Soft spots” in the global methane budget // Microbial growth on C1 compounds. – Springer, Dordrecht, 1996. – С. 334–342.

Reeburgh W.S. Global methane biogeochemistry // Treatise on geochemistry. – 2003. – Т. 4. – С. 347.

Saunois M., Stavert A.R., Poulter B., Bousquet, P., Canadell, J.G., Jackson, R.B., Zhuang, Q. The global methane budget 2000–2017 // Earth System Science Data. – 2020. – V. 12(3). – P. 1561–1623.

УДК 551.336

МОДЕЛИРОВАНИЕ МИС2, МИС3 И МИС4 ЛЕДОВЫХ ПОТОКОВ ЕВРАЗИЙСКОГО ЛЕДНИКОВОГО ЩИТА В СЕКТОРЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ: ВРЕМЕННЫЕ РАЗЛИЧИЯ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

MODELING MIS2, MIS3 AND MIS4 ICE FLOWS OF THE EURASIAN ICE SHIELD IN THE BARENTS SEA SECTOR: TIME DIFFERENCES OF MODELS BASED ON GEOLOGICAL DATA

Кашдан Адам Израилевич[1], **Шейнкман Владимир Семенович**[2], **Парначев Валерий Петрович**[3]
[1]Группа палеогляциологических исследований, Монреаль, Канада
[2]Институт криосферы Земли ФИЦ Тюменский научный центр СО РАН, Тюмень
[3]Научно-исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

Kashdan A.Y.[1], **Sheinkman V.S.**[2], **Parnachev V.P.**[3]
[1]Paleoglaciological Research Group, Montreal, Canada
[2]Earth Cryosphere Institute, Tyumen Science Center RAS, Tyumen; Russia
[3]National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

Поверхность дна Баренцева моря представляют собой сложно построенный ансамбль положительных и отрицательных макроформ рельефа с незавершенными тектоническими комплексами (Мусатов, 1996). Предыдущие реконструкции обстановок (Denton, Hughes, 1981; Grosswald, 1988; Patton et. al., 2015) в районе Шпицберген – Баренцево море показывали полное покрытие ледниковым льдом толщиной 2,5 км Баренцевоморского шельфа и соответствующее его влияние на тектонические процессы вследствие меняющейся нагрузки на земную кору. Теоретическое обоснование этого ледникового щита основано на двух предположениях о ледниковой среде. Во-первых, Баренцево море должно быть покрыто постоянным морским льдом, который утолщался бы из-за относительно низкой скорости таяния, и захватывал бы прибрежную зону и формировал, в итоге, шельфовый ледник (Hughes et. al., 2016). По мере утолщения плавучего льда он должен был опускаться на дно Баренцева моря. Второе предположение – ранее 20 тыс. л. н. было достаточное количество твердых осадков для запуска ледникового цикла в ранге геологического времени и образования в конечном итоге мощного покровного оледенения наподобие Гренландского ледникового щита (Denton, Hughes, 1981).

Однако эти предположения противоречат закон палеогляциологического развития региона. По данным (Шейнкман и др., 2017; 2020) восточная часть западного сектора Арктического бассейна не могла полностью промерзнуть на большую глубину, а в работе (Siegert, Dowdeswell, 1995) на основе палеогляциологического моделирования показано, что в северо-западной части Баренцева моря ранее 20-18 тыс. л. н. ледниковый щит имел значительно меньшие размеры. Так или иначе, сегодня не имеется репрезентативных данных для оценки обоснованности отмеченных предположений для ситуации в позднем

квартере. Соответственно – и для обоснования связи тектоники с предполагаемыми ледниковыми покровами. Следовательно, чтобы определить возможные параметры ледникового покрова, включая шельфовые ледники и прилегающие массивы морского льда, необходимы новые подходы, в том числе – повторное моделирование ситуации на основе новых баз данных, таких, например, как *DATED-1* (Hughes et. al., 2016), или *Meltwater Pulse 1A* (Lin et. al., 2021).

Авторы использовали решения задач представляемой работы продольно-связанную одномерную модель ледяного потока (интегрированную по глубине), и на данном этапе ими проведено моделирование по профилям в Баренцевом море и на юге архипелага Новая Земля в Печорском море. Такой подход позволяет вычислить скорость изменения толщины льда в соответствии с законом сохранения массы. Для создания динамической равновесной геометрии льда и полей скорости льда модель ледяного потока была запущена по режиму с шагом 1000-летней ритмики, которая была инициализирована с использованием современных данных о геометрии льда в условиях климата со среднегодовой температурой –15°C в районе шельфа ледника, а также –17°C в районе ледниковых куполов со среднегодовыми осадками 300 мм на ледниковых шельфах и 200 мм в зоне питания ледникового щита (Pelto et. al., 1990).

Предыдущие реконструкции, предсказывающие полное оледенение Баренцевомрского шельфа, показывают (Denton, Hughes, 1981; Grosswald, 1988), что центр оледенения находился над центральной частью Баренцева моря. В нашей реконструкции, центр определялся с учётом изостатического поднятия и направлений движений ледниковых потоков, полученных на основе петрографического и морфологического анализа псефитового материала, геофизических и гидроакустических данных (Крылов и др., 2020; Чикирёв и др., 2021). Высота прошлых береговых линий над нынешним уровнем моря является важным ограничением для объемов прошлых ледниковых щитов, и имеет решающие значение для ограничения местоположения максимальной изостатической нагрузки, а также относительного времени дегляциации. На сегодня имеется достаточное количество данных абсолютного возраста и высоты береговой линии на Шпицбергене, Земле Конга Карла, Земле Франца-Иосифа и Новой Земле. На основе этих данных был определен район относительно максимальной нагрузки ледникового щита на подстилающую поверхность в позднем плейстоцене, и он охватывает северную часть Баренцева моря и восточную часть архипелага Шпицбергена (Forman et. al., 2004).

Модель ледникового щита с покрытым им шельфом и откалывающимися айсбергами изначально инициировалась и запускалась с помощью метода Монте Карло при определенный климатических и геологических граничных условиях, указывающих на условия максимума ледникового покрова. Прокрутка модели шла до тех пор, пока не достигалась квазистабильность в отношении баланса массы. Ледниковый щит достигал квазиустойчивого состояния на разных этапах с определенным подводным рельефом Баренцева моря в течение времени, заданного при моделировании ледниковых потоков. Временной интервал для компьютерного моделирования составлял от интерстадиала на рубеже ~28,8 тыс. л. н. ~ 18 тыс. л. н. – начала фазы нестабильности ледника. Ледниковый щит имел центральный купол ближе к архипелагу Шпицберген в верховьях Зюйдкапского

желоба и небольшие ледниковые купола как ледораздел в верховьях Медвежинский желоба.

В предыдущих работах (Siegert, Dowdeswell, 1995) мощность льда на основе палеогляциологического моделирования была оценена в 1,9-2,2 км. Наше моделирование предварительно показало что, когда субаэральная поверхность использовалась в качестве начального входа данных поверхности дна ледника, образовавшийся ледниковый щит 20-18 тыс. л. н. имел простой параболический профиль с максимальной толщиной вдвое меньше – 0,9-1,2 км. Ледяной щит растекался от центрального купола основными ледниковыми потоками в пределах желобов Медвежинский и Зюйдкапский, и относительно небольшими потоками на северной и восточной окраине Баренцева моря и локальными быстрыми потоками на западе, по типу потока по впадине Квейтехол вблизи о. Медвежий. Также было определено, что на юге архипелага Новая Земля и в Печорском заливе ледники были небольшие – их длина на шельфе составляла около 50 км, с зоной распространения айсберговых осадков шириной около 150 км, что подтверждается геологическими данными (Чикирёв и др., 2021). Отсюда вытекает вывод, что и влияние нагрузки ледника на земную кору в западном секторе Арктики в прежних моделях преувеличено, а активизацию неотектонических процессов в этом регионе целесообразней связывать с развитием срединно-океанического хребта Гаккеля (Шейнкман и др., 2020).

Таким образом, применение неверных подходов при оценке четвертичной обстановки дна морей Баренцева и Карского ведет к ошибочным оценкам рисков геологических опасностей. Текущие и предстоящие сейсмические и литологические исследования в районе морей Баренцева и Карского, в их северной части рядом с Землей Франца-Иосифа и в районе островов Белый – Виктория, в южных областях Северной Земли дадут возможность анализировать ситуацию более точно. Несмотря на это, предварительное палеогляциологическое моделирование сделанное авторами уже показывает, что Баренцевский ледниковый щит был небольшой, а ледники в Карском море были локально приурочены к островам.

Работа выполнена при поддержке ресурсов по госзаданию 0296-2021-0012.

Список литературы

Крылов А.А., Малышев С.А., Богин В.А., Захаров В.Ю., Гусев Е.А., Макаров А.С. Особенности распределения псефитового материала в верхнечетвертичных отложениях северной части Баренцева моря // Проблемы Арктики и Антарктики. 2020. Т. 66. No 3. С. 381-395. https://doi.org/10.30758/0555-2648-2020-66-3-381-395.

Митяев М.В., Хасанкаев В.Б., Голубев В.А. Желоба Баренцева моря - современные каналы транспортировки или ловушки осадочного вещества? // Арктика и Антарктика. 2007. Выпуск 5(39), с. 72-79.

Мусатов Е.Е. Неотектоника арктических континентальных окраин // Физика Земли. 1996. № 12. С. 72-78.

Шейнкман В.С., Мельников В.П., Седов С.Н., Парначев В.П. Новые свидетельства внеледникового развития севера Западно-Сибирской низменности // Доклады Академии наук. 2017. Том 477. № 4. С. 480–484.

Шейнкман В. С., Мельников В.П., Парначев В.П. Анализ криогенных и тектонических процессов на севере Западной Сибири в плейстоцене с позиций криогетеротопии // Доклады РАН. Науки о Земле. 2020. Том 494. № 1. С. 82–86.

Чикирёв И. В. и др. Литологическая характеристика современных осадков юго-западной части шельфа Карского моря // Вестник МГТУ. 2021. Т. 24, No 1. С. 131–141.

Denton G.H., Hughes, T.J. The Last Great Ice Sheets. New York: Wiley, 1981. 484 pp.

Forman S.L., Lubinski D.J., Ingolfsson, O., Zeeberg J.J., Snyder J.A., Siegert M.J., Matishov G.G. A review of postglacial emergence on Svalbard, Franz Josef Land and Novaya Zemlya, northern Eurasia // Quaternary Science Reviews. 2004. No 23(11-13), P. 1391-1434.

Grosswald M.G. An Antarctic-style ice sheet in the northern hemisphere: toward a new glacial theory // Polar Geogr. Geol. 1988. No 12. P. 239-267.

Hughes A. L., Gyllencreutz R., Lohne Ø. S., Mangerud J., Svendsen, J. I. The last Eurasian ice sheets–a chronological database and time-slice reconstruction, DATED-1 // Boreas. 2016. No 45 (1). P. 1-45.

Kurjanski B., Rea B.R., Spagnolo M., Winsborrow M., Cornwell D. G., Andreassen K., Howell J. Morphological evidence for marine ice stream shutdown, central Barents Sea // Marine Geology. 2019. No 414, P. 64-76.

Lin Y., Hibbert F. D., Whitehouse P. L., Woodroffe S. A., Purcell A., Shennan I., Bradley S. L. A reconciled solution of Meltwater Pulse 1A sources using sea-level fingerprinting // Nature communications. 2021. 12(1), 1-11.

Patton H., Andreassen K., Bjarnadóttir L. R., Dowdeswell J. A., Winsborrow M. C., Noormets, R., Hubbard, A. Geophysical constraints on the dynamics and retreat of the Barents Sea ice sheet as a paleobenchmark for models of marine ice sheet deglaciation //Reviews of Geophysics. 2015. No 53(4), P. 1051-1098.

Pelto M. S., Higgins S. M., Hughes T. J., Fastook J. L. Modeling mass-balance changes during a glaciation cycle // Annals of Glaciology. 1990. No 14. P. 238-241.

Siegert M.J., Dowdeswell, J.A. Modelling ice sheet sensitivity to Late Weichselian environments in the Svalbard-Barents Sea region // J. Quat. Sci. 1995. No 10. P. 33-43.

УДК 550.849

РЕЗУЛЬТАТЫ ГАЗО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДОННЫХ ОСАДКОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ И СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО МАТЕРИАЛАМ ЭКСПЕДИЦИЙ TTR-19 и TTR-20)

GASES FROM BOTTOM SEDIMENTS OF THE NORTH-EASTERN AND NORTHERN BARENTS SEA (TTR-19 AND TTR-20 DATA REPORT)

Видищева Олеся Николаевна, Ахманов Григорий Георгиевич, Соловьева Марина Андреевна, Полудеткина Елена Николаевна, Манько Ирина Энверовна
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Vidishcheva Olesya Nikolaevna, Akhmanov Grigorii Georgievich, Solovyeva Marina Andreevna, Poludetkina Elena Nikolaevna, Man'ko Irina Enverovna
Lomonosov Moscow State University, Moscow

Введение

В работе представлены результаты изучения газовой фазы донных осадков северо-восточной и северной частей Баренцева моря. В основу работы легли материалы, полученные в ходе экспедиций TTR-19 и TTR-20, которые проводились в 2020 и 2021 годах, соответственно.

Основной задачей экспедиций было газо-геохимическое изучение донных илов Баренцева моря и анализ влияния литологии донных отложений на формирование аномальных и фоновых концентраций флюидов в приповерхностных осадках.

Район исследования

Баренцево море – один из крупнейших потенциальных нефтегазоносных бассейнов России и один из наименее изученных. На Баренцевоморском шельфе открыто несколько газовых и газоконденсатных месторождений (e.g. Лудловское, Мурманское, Штокмановское и Ледовое). В пределах Баренцевоморского бассейна можно выделить потенциально 7 нефтегазоносных комплексов. Следовательно, в осадочном чехле региона исследований находятся сгенерированные углеводороды (УВ), которые за счет градиентов давления и концентраций должны мигрировать к поверхности и формировать геохимические аномалии в донных морских осадках (Петухов, Старобинец, 1993). В результате термической деструкции органического вещества (ОВ) образуется множество газов, как углеводородных (УВ) так и неУВ (Хант, 1982). Поэтому в ходе газо-геохимических исследований мы можем фиксировать различные типы газов, мигрирующих к поверхности. Но в результате жизнедеятельности микроорганизмов в донных осадках непосредственно также могут образовываться газы. В связи с этим важной задачей геохимических исследований является определение природы происхождения газов.

Особенностью исследуемого района работ является то, что верхняя часть осадочного разреза изучаемого района формировалась в условиях сложной эволюции четвертичного оледенения. В результате в регионе работ в самой верхней части осадочного разреза распространены субгляциальные накопления, которые служат литологическим барьером, препятствующем миграции вещества из глубоких горизонтов к поверхности. Поэтому, в

общем случае, наблюдается снижение эффективности применения геохимических методов поиска УВ на Баренцевоморском шельфе.

В виду вышесказанного, целью работы является разработка методических подходов геохимических исследований донных осадков, как инструмента «прямых» методов поиска скоплений углеводородов, определение влияния литологического состава и свойств арктических донных накоплений на формирование фоновых и аномальных концентраций флюидов и органического вещества в приповерхностных осадках.

Методика исследования

Донный пробоотбор проводился с помощью ударной гравитационной трубы длиной 3 м и внутренним диаметром 120 мм. Образцы морских осадков объемом 40 мл для дегазации отбирались по вертикальному разрезу керна, начиная с 5 и 25 см для сопоставления с микробиологическими исследованиями и, далее, на интервалах разреза 40, 60, 80 см. Дегазация осадков проводилась согласно стандартной методике «Head-space» (Большаков, Егоров, 1987). Полученные образцы проб донных осадков анализировались в лабораториях геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, на кафедре геологии и геохимии горючих ископаемых. Молекулярный состав газа определялся на газовом хроматографе Trace GC Ultra Thermo Finnigan, колонка Sol Varian, длина – 50 м, диаметр – 0,53 мм, сорбционный слой – 0,25 мкм. Материал напыления – Al_2O_3/Na_2SO_4. Температура испарителя – 225°C, детектора – 250°C, температурный режим колонки – ступенчатый, от 80°C до 150°C. Идентификация и интеграция пиков проводилась в программе Chrom-Card for Trace. Определение концентрации УВ газов проводилось по отношению к стандарту с известными концентрациями, метрологически аттестованному для газовой смеси (производство «Мониторинг», г. Санкт-Петербург, аттестация выполнена во ВГУП ВНИИМ им. Менделеева).

Результаты газо-геохимических исследований

Донные осадки Баренцева моря характеризуются, в целом, низкими концентрациями УВ газов. В среднем, значения концентраций не превышают 5 ppm. Компоненты C_{2+} встречаются редко. Помимо непосредственного изучения газовой фазы в донных осадках, требуется анализ ряда признаков, позволяющих предполагать наличие повышенного содержания газов в пробах. К литологическим признакам относятся следы дегазации в виде вздутия керна и микротрещиноватости (структура «рокфор»), неравномерное уплотнение осадка, наличие каналов миграции флюидов. Отдельно стоит обращать внимание на присутствие в илах метан-потребляющих организмов – Pogonophora, для жизнедеятельности которых необходим метан.

К геологическим свидетельствам разгрузки можно отнести наличие «донных воронок» и кратеров «гидратного взрыва» в рельефе морского дна.

Результаты исследования газов из донных осадков северо-восточной части Баренцева моря (экспедиция TTR-19) показали низкие средние значения концентраций метана (до 5 ppm) (Соловьева и др., 2020), повышенное содержание метана, относительно фона в станциях, отобранных на седловине Страхова (свыше 15 ppm), присутствие в некоторых станциях компонентов C_{2+} в небольших концентрациях (до 0,4 ppm для этана). Содержание компонентов C_{2+} относительно всех УВ газов в некоторых станциях достигало 17 %.

Повышенные концентрации газов в донных осадках наблюдались главным образом в зонах, где фиксировались следующие геофизические аномалии: инверсия фазы и аномалия типа «яркое пятно» в местах, где очень близко подходят коренные породы к поверхности дна, по которым происходит миграция флюида. Однако, концентрация метана даже в этих зонах остаются низкими и находятся в пределах 10-20 ppm.

Исследование изотопного состава газов применяется для определения природы происхождения газов. В связи с низкими концентрациями УВ газов возникли трудности с массовым определением изотопного состава углерода УВ газов. Для проведения изотопных исследований было выбрано 3 образца, в которых наблюдалось повышенное содержание метана, а также присутствие компонентов C_{2+}. Среди них: образец из керна станции TTR19-AR094G (тальвег туннельной долины, трассирующей ослабленную тектоническую зону); образец из керна станции TTR19-AR134G (внутри структуры, интерпретированной предположительно как «воронка гидратного взрыва» (Forwick, 2009)); и образец из керна станции TTR19-AR156G (зона аномалий типа «факел» в водной толще). Данные изучения молекулярного и изотопного состава углерода метана указали на смешанный-термогенный источник газа ($\delta^{13}C$-CH_4 изменяется от -53,6 до -58,3 ‰VPDB). Значения изотопного состава углерода этана указывают на его термогенное происхождение ($\delta^{13}C$-C_2H_6 изменяется от -33,2 до -34,6 ‰VPDB).

Исследование газовой фазы донных осадков северной части Баренцева моря (экспедиция TTR-20) на данный момент выполнено не в полном объеме. Но уже по результатам геофизических исследований обнаружено отличие в строении верхней части осадков северного полигона Баренцева моря от северо-восточного. В северном районе комплекс плотных субгляциальных осадков, который был почти повсеместно распространен в северо-восточной части и выступал в качестве литологического барьера, препятствующего миграции флюидов к поверхности, распространен только локально. Следовательно, мы можем ожидать повышенные значения концентраций УВ газов в донных осадках, а также присутствие термогенных газов.

В станциях, отобранных во время экспедиции TTR-20 фиксировались косвенные признаки поверхностной дегазации. Кроме того, исследования уже показали присутствие в образцах большого количества компонентов C_{2+} (этана, этилена, пропана, пропилена, и-бутана, н-бутана, неопентана, и-пентана, н-пентана, 1,3-бутадиена, гексана) в составе газовой фазы донных осадков. Максимальная концентрации метана в донных осадках, проанализированных на данный момент, составила 49,2 ppm. Данные значения концентраций по-прежнему не очень высокие, но превышают фоновые значения концентраций (5 ppm).

Заключение

Донные осадки северной и северо-восточной частей Баренцева моря характеризуются, в целом, довольно низкими концентрациями УВ газов.

Концентрации газов в северо-восточной части Баренцева моря ниже, чем в северной части, что скорее всего определяется разной литологией донных отложений в разрезе верхней части осадочных накоплений.

Молекулярный и изотопный состав газов донных осадков свидетельствует о присутствии газов, мигрирующих из глубоких горизонтов к поверхности.

В дальнейшем планируется провести анализ всех газов экспедиции TTR-20 и провести сравнительный анализ газонасыщенности верхней части осадков северной и северо-восточной частей Баренцева моря.

Список литературы:

Большаков А. М, Егоров А.В. Об использовании методики фазово-равновесной дегазации при газометрических исследованиях в акваториях // Океанология. – 1987. – Т.37. – № 5. – С. 861-862.

Соловьева М.А., Ахманов Г.Г., Егошина Е.Д., Валиева Э.И., Видищева О.Н., Полудеткина Е.Н. Литофациальный контроль флюидонасыщенности донных отложений северо-восточной части Баренцева моря (по данным экспедиции TTR-19) // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. – 2020. – Серия 7. – С. 210-213.

Старобинец И. С., Петухов А. В., Зубайраев С. Л. Основы теории геохимических полей углеводородных скоплений // М.: Недра. – 1993.

Хант Д. М. Геохимия и геология нефти и газа. – Мир, 1982.

Forwick, M., Baeten, N.J. & Vorren, T.O. Pockmarks in Spitsbergen fjords //Norwegian Journal of Geology. – 2009. – vol. 89 – С. 65-77.

УДК 551.89+553.981

КРИОГЕННЫЕ ГИДРАТЫ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА ГЛЯЦИАЛЬНЫХ ПЕРИГЛЯЦИАЛЬНЫХ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОКРАИНАХ

CRYOGENIC NATURAL GAS HYDRATES ON GLACIAL AND PERIGLACIAL CONTINENTAL MARGINS

Друщиц Валентина Александровна

Геологический институт РАН

Drouchits Valentina Aleksandrovna

Geological Institute RAS

Введение

Цель работы ─ оценить различия в формировании и сохранении до настоящего времени криогенных гидратов природного газа (КГГ) на гляциальных и перигляциальных континентальных окраинах. В течение четвертичного периода континентальные окраины Арктики развивались по различным сценариям. Так, континентальные окраины севера Западной Сибири и северо-запада Канады имели и гляциальные, и перигляциальные стадии в своем развитии. Для континентальной окраины севера Аляски характерна только перигляциальная обстановка, а для этой структуры севера Европы ─ гляциальная. В настоящий момент исследованиям КГГ уделяется большой внимание. Это относится и природным обстановкам, в которых образовались криогенные гидраты природного газа, и к техническим условиям их разработки и добычи. На основании данных опубликованных материалов, касающихся распространения многолетнемерзлых пород и КГГ на современной арктической континентальной окраине, определены некоторые закономерности в их современном распространении.

Природные обстановки квартера

Формирование природных условий в течение четвертичного периода определяется многими факторами, в частности тектоникой и геодинамикой, климатическими предпосылками, процессами влагопереноса. В результате создаются условия для формирования гляциальных и перигляциальных континентальных окраин. В настоящий момент арктическая континентальная окраина развивается моноклиматической ситуации термохрона. Следует отметить, что существует значительное различие между криогенными гидратами природного газа, которые образовались в континентальных условиях, в зонах распространения многолетнемерзлых пород (ММП) и собственно морскими гидратами, которые перманентно формируются в морях и океанах, начиная с верхней части континентальных склонов [Друщиц, Садчикова, 2018].

Гляциальные условия характеризуются развитием мощных ледниковых покровов, строение и динамика которых определяет пограничные условия существования КГГ. Ледниковый покров имеет очень сложную структуру, начиная с таких показателей, как мощность, боковые границы, скорость движения, наличие озер, и заканчивая такими аспектами, как, строение и динамика краевой зоны, температурный режим подошвы ледника. В межледниковье возникают изменения термобарического режима, мощная активизация эрозионных процессов. В результате изменяются рельеф, литология, мощности отложений, сокращаются криолитозона, зона стабильности гидратов газа (ЗСГГ) или исчезают совсем.

Типичной гляциальной континентальной окраиной является северо-запад Европы. Архипелаг Шпицберген и в настоящее время находится в гляциальных условиях. Мощность современных ледников 50-300 м (горно-долинных) и 400-580 м (полупокровных). Мощность ММП изменяется от 500 м в горных областях до 100 на побережье и исчезает на акватории. На основании моделирования заключается, что в центральной части западного побережья о. Шпицберген рост ММП происходит со скоростью 5 – 0,5 см/год [Hornum et al., 2020]. Результаты моделирования дают возможность предполагать, что существуют необходимые и достаточные условия для образования и консервации КГГ в северной и восточной частях архипелага. Прямые доказательства наличия КГГ на архипелаге до сих пор не получены [Betlem et al., 2019; Minshul et al., 2020]. В послеледниковье на шельфе происходит резкое изменение термобарических условий, что приводят исчезновению ММП и к диссоциации КГГ. На шельфе наблюдаются множество факелов разгрузки метана, развитие специфических форм рельефа: пингоподобные структуры, покмарки [Waage et al., 2019].

В последнее время в областях покровного оледенения (гляциальных континентальных окраинах), в Швеции, Норвегии и Финляндии были обнаружены в различных районах (от средне- и низкогорий до побережий) на площадях, ранее занимаемых неоплейстоценовыми ледниками: холмы из блоков пород фундамента с видимыми следами ледниковой работы, взрывами разрушенные пещеры, вулканообразные конусы, огромные оползневые и обвальные тела. Как правило, все эти образования имеют голоценовый возраст. Объясняется это тем, что кристаллических породах, (кавернах и трещинах) сохранились КГГ, образованные во время последнего ледникового максимума. В послеледниковье, при изменении термобарических условий, в результате гляциоизостазии, они начинают разрушаться. В голоцене сейсмичность провоцировала разрушительные взрывы КГГ, что приводило к новообразованиям в рельефе [Morner, 2017]. Время дегляциации ознаменовалось интенсивным воздыманием, развитием тектонических деформаций и многочисленными землетрясениями, в массе с магнитудой ≤ 5. Современное поднятие идет со скоростью от 4 до 12 мм/год [Steffen, Wu, 2011].

Исходя из этих данных, можно заключить, что на гляциальных континентальных окраинах в послеледниковье начинается интенсивная диссоциация КГГ в области шельфа, но существует возможность сохранения и даже их образования на суше.

Перигляциальные условия были стабильными в течение всего четвертичного периода на континентальной окраине северного побережья Аляски. Распространение КГГ в этой области характеризуется относительно небольшими глубинами и занимает довольно большую площадь прибрежной низменности, сопровождается массивом пинго. В акватории обнаружены единичные проявления КГГ, причем за пределами распространения сплошных ММП. Отмечается, что на северном шельфе Аляски наличие пингоподобных структур, и воронок газовых выбросов, и реликтовых КГГ до сих пор не зафиксировано. Измеренная эмиссия метана на шельфе наиболее интенсивна до 20-метровой изобаты, ограничивающей зону сплошных ММП [Brothers et al., 2016; Lorenson et al. 2016].

КГГ также встречаются в областях со сложной историей развития в течение четвертичного периода. К ним относятся континентальные окраины севера Западной Сибири и северо-запада Канады. Первая находилась в гляциальных условиях до последнего гляциального максимума, для которого были характерны перигляциальные условия. Северо-запад Канады в последнее ледниковье находился в пограничной зоне Лаврентийского ледника, масштаб проградации которого на шельф до сих пор обсуждается. Для севера Западной Сибири характерно распространение реликтовых КГГ в четвертичных отложениях,

покрывающих залежи известных газоконденсатных месторождений п-ов Ямал и Гыдан, и наличие газогидратных Мессояхских месторождений в отложениях позднего мела. В последние годы в зоне распространения реликтовых КГГ появились воронки взрывов. Сплошное распространение ММП зафиксировано до 20-метровой изобаты, пингоподобные структуры встречаются до глубин 40 м, в зоне островных ММП [Serov et al., 2015]. Область дельты р. Маккензи и прилегающего к ней шельфа располагает значительными скоплениями КГГ в акватории, превышающие залежи на суше. Более того, на шельфе обнаружены газовые воронки взрыва, пингоподобные структуры, грязевой вулканизм, глиняные диапиры. Эти явления могут быть вызваны разрушением реликтовых КГГ. Видимо, такая литодинамика объясняется изменением термобарических условий, которые после исчезновения ледника испытывают влияние современного геодинамического режима [Друщиц, 2020].

Сравнивая характер распространения КГГ на вышеперечисленных окраинах можно заметить, что наиболее уязвимой с позиции сохранения этих образований является гляциальная окраина Северо-Запада Европы, где на большей части территории, подвергавшейся оледенениям четвертичного периода, наблюдается разрушение КГГ. Перигляциальные окраины (север Западной Сибири и Аляски) обладают некоторой степенью сходства: КГГ сохранились на прибрежных низменностях (и реликтовые, и стабильные). В акватории сплошные ММП остаются в пределах 20-метровой изобаты. Лучшей степенью сохранности обладают скопления стабильных КГГ, находящихся в ЗСГГ, на северо-западе Канады. По всей вероятности, все проявления газо- и литодинамики относятся к процессам разрушения реликтовых КГГ.

Заключение

Существующие в настоящее время в моноклиматической ситуации данные клатраты природного газа образовывались в перигляциальных и гляциальных условиях, в регрессивные циклы криохронов. Взаимодействие природных процессов различного генезиса приводит к отличиям в размещении КГГ на континентальных окраинах севера Евразии и севера Северной Америки. Для современного термохрона, в трансгрессивную стадию, на перигляциальных континентальных окраинах наблюдается преимущественное распространение КГГ на суше. На гляциальных континентальных окраинах (со сложным послеледниковым рельефом) КГГ занимали большие площади шельфа в ледниковья и сохранились до настоящего времени в субаквальных условиях. Об этом свидетельствует наличие как скоплений КГГ, так и признаков их разрушения.

Исследования проведены в соответствии с планами научно-исследовательской работы ГИН РАН "Тектоника, магматизм и осадконакопление в геологической истории арктической и тихоокеанской континентальных окраин Северо-Востока Азии" (№ в плане НИР 0135-2019-0078).

Список литературы

Друщиц, В. А. , Садчикова Т.А. Эволюция криогенных скоплений гидратов природного газа в арктических регионах в квартере // Вестник Кольского научного центра РАН — 2018. — № 3 (10). — С. 148–152.

Друщиц В.А. Отражение гляциальных, криогенных и геодинамических процессов в распространении криогенных гидратов природного газа на континентальной окраине северо-запада Северной Америки // Бюл. Ком. по изуч. четвер. периода ─ 2020. ─ № 78. ─ С. 63-81.

Betlem P., Senger K., Hodson A. 3D thermobaric modeling of the gas hydrate stability zone onshore central Spitsbergen, Arctic Norway // Marine and Petroleum Geology ─ 2019.─ V. 100.─ P. 246–262.

Brothers L. L., Herman B. M., Hart P. E. et al. Subsea ice-bearing permafrost on the U.S. Beaufort Margin: 1. Minimum seaward extent defined from multichannel seismic reflection data // Geochem. Geophys. Geosyst. ─ 2016. ─ V. 17. ─ P. 4354–4365.

Hornum M.T., Hodson A.J., Jessen S. et al. Numerical modelling of permafrost spring discharge and open-system pingo formation induced by basal permafrost aggradation // The Cryosphere. ─ 2020. ─ V. 14. ─ P, 4627–4651.

Lorenson Th. D., Greinert J., Coffin R.B. Dissolved methane in the Beaufort Sea and the Arctic Ocean, 1992–2009; sources and atmospheric flux // Limnol. Oceanogr. ─ 2016. ─ V.61. ─ P.300–323.

Mestdagh T., Poort J., De Batist M. The sensitivity of gas hydrate reservoirs to climate change: Perspectives from a new combined model for permafrost-related and marine settings // Earth-Science Reviews ─ 2017. ─ V. 169. ─ P. 104–131

Minshull T.A., Marín-Moreno H., Betlem P. et al. Hydrate occurrence in Europe: A review of available evidence // Marine and Petroleum Geology ─ 2020. ─ V. 111. ─ P. 735-764.

Mörner N-A. Methane hydrate in crystalline bedrock and explosive methane venting tectonics // Earth Science Rew.─ 2017. ─ V. 169. ─ P. 202-212.

Serov P., Portnov A., Mienert J. et al. Methane release from pingo-like features across the South Kara Sea shelf, an area of thawing offshore permafrost // J. Geophys. Res. Earth Surf.─ 2015. ─ V. 120. ─ P. 1515–1529.

Steffen H., Wu P. Glacial isostatic adjustment in Fennoscandia—A review of data and modeling // J. of Geodynamics ─ 2011. ─ V. 52. ─ P. 169 – 204.

Waage, M., Portnov, A., Serov, P., et al. Geological controls on fluid flow and gas hydrate pingo development on the Barents Sea margin // Geochem., Geoph., Geosyst. ─ 2019. ─ V. 20. ─ P. 630–650.

УДК 550.31

ГАЗОВЫЕ ГИДРАТЫ В ЗОНАХ ГЛУБОКОВОДНЫХ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ НЕКОТОРЫЕ ОЦЕНКИ СКОРОСТИ ИХ ЭВОЛЮЦИИ

GAS HYDRATES IN THE ZONES OF DEEP-SEA MUD VOLCANOES SOME ESTIMATES OF THE RATE OF THEIR EVOLUTION

Жостков Руслан Александрович[1], Собисевич Алексей Леонидович[1], Суетнова Елена Ивановна[1]

[1]*Институт физики Земли РАН*

Zhostkov Ruslan Aleksandrovich[1], Sobisevich Aleksey Leonidovich[1], Suetnova Elena Ivanovna[1]

[1] *Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

Введение

Целью нашего исследования было определение возможных скоростей кумуляции газовых гидратов в морском дне в зонах грязевого вулканизма. Разработанная нами для этого математическая модель , состоящая из системы уравнений в частных производных , связывающих процесс аккумуляции газовых гидратов с процессами фильтрации газонасыщенных флюидов в зоне термобарической стабильности газовых гидратов с морском дне позволяет оценить зависимость скоростей аккумуляции газовых гидратов в зонах грязевого вулканизма от геофизических параметров среды морского дна в зонах грязевых вулканов.. Газовые гидраты - это образованные водой и газом твердые структуры, которые по виду напоминают спрессованный снег. Они представляют собой кристаллическую решетку льда с молекулами газа внутри нее и стабильны при высоких давлениях и низких температурах. Предполагается, что в глубоководных зонах морей и океанов существуют больши запасы газовых гидратов и газовые гидраты рассматриваются как возможный источник углеводородов в будущем.

Данные и методы

При исследованиях в Арктических морях обнаруживались признаки наличия газовых гидратов в морском дне (акустические исследования и изотопный анализ поровых вод). Однако в силу тяжелых природных условий прямые оценки гидратонасыщенности явно не возможны. Построение математических моделей аккумуляции газовых гидратов и численное моделировние с использованием имеющейся геофизической информации представляется необходимым для обоснованной оценки гидратонасыщенности морского дна. Построенная нами модель описывает феномен аккумуляции газовых гидратов приуроченных к зонам глубоководного грязевого вулканима, как повидимому наиболее мощного источника газовых гидратов.

Математическая модель состоит и системы диференциальных уравнений в частных производных, описывающех процесс фильтрации к поверхности дна порового флюида, содержащего растворённый газ, в окрестности жерла над резервуаром питания, упругой реакции пористой среды на давление порового флюида, и сохранения флюида и газа и накопления газовых гидратов при известных начальных и граничных условиях и свойствах осадков.

Система дифференциальных уравнений 1-5 описывает этот процесс.

$$v(z,t) = -\frac{k}{\mu m}\left(\frac{\partial p_f(z,t)}{\partial z} - \rho_f g\right) \quad (1)$$

$$\frac{\partial \rho_f m}{\partial t} + \frac{\partial \rho_f v(z,t) m}{\partial z} = 0 \quad (2)$$

$$m\frac{\partial h(z,t)}{\partial t} = -\frac{\rho_f \nabla\left(mv(z,t)c_{eq}\right)}{\rho_h c_h} \quad (3)$$

$$\frac{\partial m}{\partial t} = m_0 \frac{1}{K}\frac{\partial \rho_f}{\partial t} \quad (4)$$

$$\frac{\partial f}{\partial t} + A_1 \frac{\partial m \cdot V_f \cdot f}{\partial z} = \kappa \frac{\partial^2 f}{\partial z^2} \quad (5); \qquad A_1 = \frac{\rho_f \cdot C_f}{\rho C}$$

Здесь использованы обозначения: m – пористость; ρ_f– плотность флюида; ρh – плотность гидрата; k – проницаемость осадков, являющаяся функцией пористости, $k = k_0 m^3$; m – вязкость флюида; f – температура; C – теплоемкость; g – ускорение силы тяжести; K – коэффициент сжимаемости пористой среды ; h – гидратонасыщенность; t – время; z – пространственная координата; v – скорость флюида; c_{eq} – концентрация газа в насыщающем флюиде в условиях присутствия гидрата газа; c_h – концентрация газа в гидрате; p_f– давление флюида. Для локализации зоны стабильности гидратов в зависимости от давления и температуры использовались известные зависимости. Система решалась численно по оригинальной программе для начальных и граничных условий, описывающих фильтрацию в морском дне газонасыщенного порового флюида и осаждении газового гидрата в морском дне в интервале реализации термобарических условий стабильности газового гидрата.

Результаты

Сравнение результатов вычислений гидратонасыщенности для различных значений проницаемости осадков показало значительную зависимость скорости аккумуляции газовых гидратов от проницаемости морского дна в зоне фильтрации (рис 1,2).

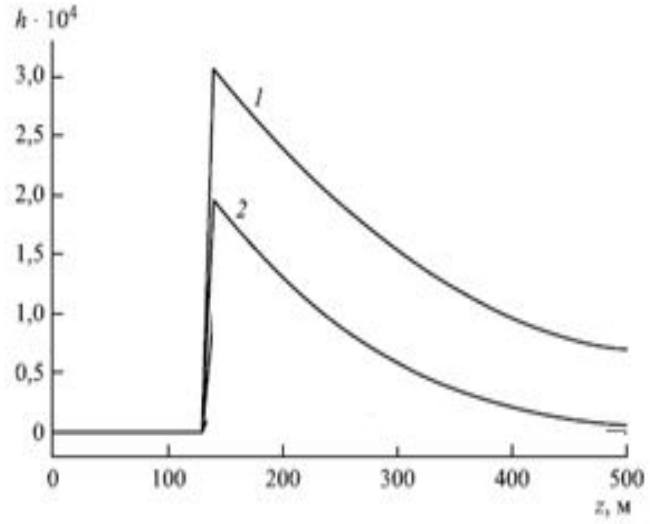


Рис1. Гидратонасыщенность через 1 год после начала фильтрации для различных значений проницаемости осадков (1) $k=10^{-13}$ м^2, (2) $k=10^{-13.5}$ м^2 . Глубина питающего резервуара 500м.

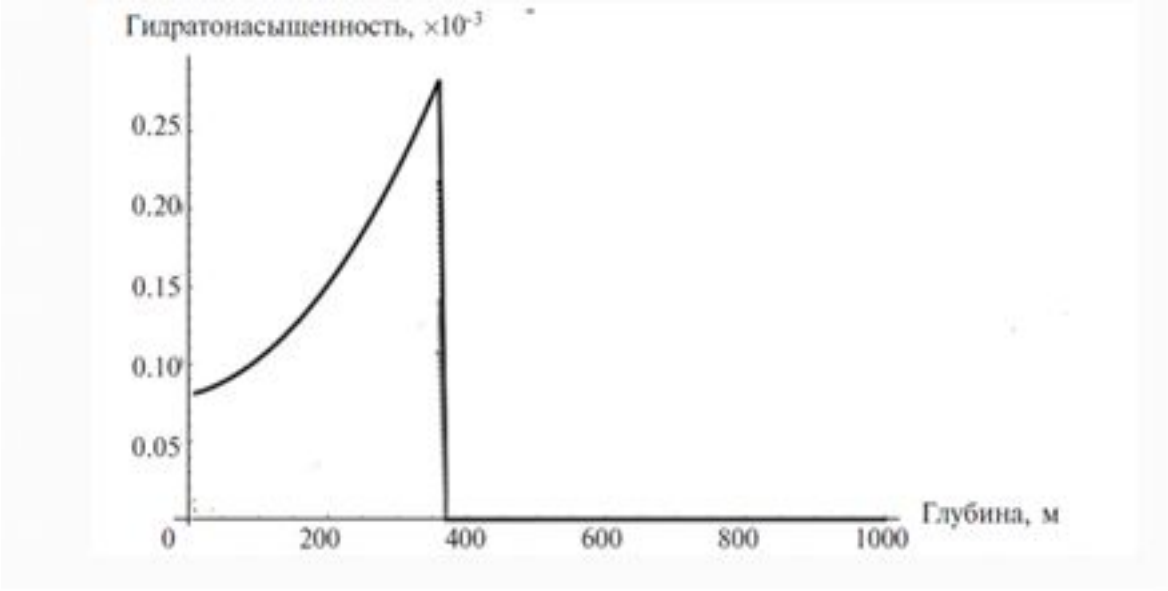


Рис 2 . Гидратонасыщенность через 20 лет после начала фильтрации для значений проницаемости осадков $k=10^{-14}$ м^2, Глубина питающего резервуара 1000м.

Заключение

Проведённое численное моделирование с использованием типичных значений входящих параметров (рис. 1,2) показало, что насыщение гидратами в зонах подводных грязевых вулканов не является постоянным и на его эволюцию влияют геофизические свойства дна (градиент температуры, пористость, проницаемость и физические свойства осадка), а также глубина питающего резервуара и давление в нем, причем скорость накопления гидратов в десятки и сотни раз больше, чем в осадочных бассейнах на пассивных континентальных окраинах что и может быть одной из причин значительной площадной неоднородности гидратонасыщенности дна акваторий.

УДК-553.98+548.562(268.56)+551.34

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗОНЫ СТАБИЛЬНОСТИ КРИОГЕННЫХ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

MODELING OF THE CRYOGENIC GAS HYDRATES STABILITY ZONE OF THE RUSSIAN ARCTIC SHELF: CHALLENGES AND RESPONSES

Смирнов Юрий Юрьевич[1,2], Щур Анастасия Андреевна[1], Матвеева Татьяна Валерьевна[1], Щур Николай Алексеевич[1,3], Бочкарев Алексей Викторович[1]

[1] *ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана»; Россия, 190121, Санкт-Петербург, Английский проспект, дом 1, yusemef@gmail.com;*

[2] *ФГБУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет»; Россия, 192007, Санкт-Петербург, Воронежская улица, дом 79;*

[3]*ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»; Россия, 195251, Санкт-Петербург, Политехническая улица, дом 29.*

Yuri Y. Smirnov[1,2], Anastasia A. Shchur[1], Tatiana V. Matveeva[1], Nikolai A. Shchur[1,3], Alexei V. Bochkarev[1]

[1]*Russian Research Institute for Geology and Mineral Resources of the Ocean (VNIIOkeangeologia), Angliysky Avenue, 1, 190121 Sankt-Petersburg, Russia, yusemef@gmail.com;*

[2] *Russian State Hydrometeorological University, 79, Voronezhskaya Street, St. Petersburg, 192007, Russia;*

[3]*Institute of Applied Mathematics and Mechanics, Peter the Great Sankt-Petersburg Polytechnic University, Polytechnic Street, 29, 195251 Sankt-Petersburg, Russia.*

Введение

Шельфовые моря российской Арктики характеризуются большим потенциалом для образования газовых гидратов за счет высокой мощности осадочного чехла и мелководности акваторий, в прошлом активно подверженных субаэральному промерзанию под воздействием низких приземных температур воздуха в периоды регрессии Мирового океана. Целью данной работы являлось численное моделирование и картирование субмаринных многолетнемерзлых пород (СММП) и ассоциированной с ними зоны стабильности газовых гидратов (ЗСГГ) на шельфе Северного Ледовитого океана (СЛО). Работы по моделированию условий стабильности криогенных гидратов являются частью большого проекта, выполняемого ФБГУ «ВНИИОкеангеология» по количественной оценке ресурсов газа в газовых гидратах российских акваторий [Матвеева и др., 2020]. Моделирование пространственного распределения СММП и ЗСГГ требует учета региональных климатических и геологических особенностей отдельных акваторий. Хорошая сходимость данных моделирования субмаринной мерзлоты и связанных с ней гидратов, полученная по морю Лаптевых [Matveeva et al., 2020] определила дальнейшую методику работ по унифицированной регулярной сети практически на все российские моря СЛО. Аналогов подобных работ с такой детализацией ранее не проводилось. Сложность работ также заключается в том, что огромная протяженная

арктическая зона России характеризуется различными климатической зональностью, морфологией морского дна и геологическими условиями, во многом определяющими характеристики теплового поля морских отложений. Качественно, результаты, полученные для западно-арктических морей, отличаются лучшей сходимостью с натурными наблюдениями и данными предшественников. В связи со слабой изученностью Восточной Арктики и в первую очередь, геотермическими методами, результаты моделирования по Восточно-Сибирскому и Чукотскому морям, нуждаются в рассмотрении и доработке, что, несомненно, вызовет интерес к нашей масштабной и во многом инновационной работе. Следует отметить, что обсуждаемые в данной работе результаты моделирования все еще находятся в стадии верификации и доработки.

Материалы и методы

Перед началом работ по непосредственному моделированию, для итогового картирования ЗСГГбыла создана сеть точек с разрешением 1/12 градуса. Каждой точке присвоено: значение глубины моря, согласно модели батиметрии GEBCO 2020 [https://www.gebco.net…]; значение теплового потока согласно картам геотермического районирования, (значение региональной субаэральной температуры ***T0*** [Щур А.А. и др., 2021].

Значения мощности ЗСГГ для каждой точки сети получены путем линейной интерполяции расчетных значений, выполненных для глубин моря 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 м. Таким образом, получены ряды значений мощности (толщины) ЗСГГ криогенного генезиса для каждой точки пространственной сети с шагом 1 м по вертикальной оси, необходимые для её пространственного (трехмерного) картирования на основе данных численного моделирования (всего было обсчитано 204 540 точек).

В ходе работы были решены задачи по приведению данных регулярных сеток по приземной температуре воздуха, термоградиенту и батиметрии, обладающих разными пространственными шагами, к одной единой средствами языка программирования Python с использованием билинейной интерполяции; численному решению одномерной задачи Стефана по неявной разностной схеме средствами языка программирования Julia с использованием приведенных к региональным среднемноголетним температурам палеокривых на основе работы [de Boer, 2014], использованных в модельных расчетах непосредственно для верхнего граничного условия (субаэральных температур) и определения периодов трансгрессии и регрессии моря (эвстатического колебания уровня).

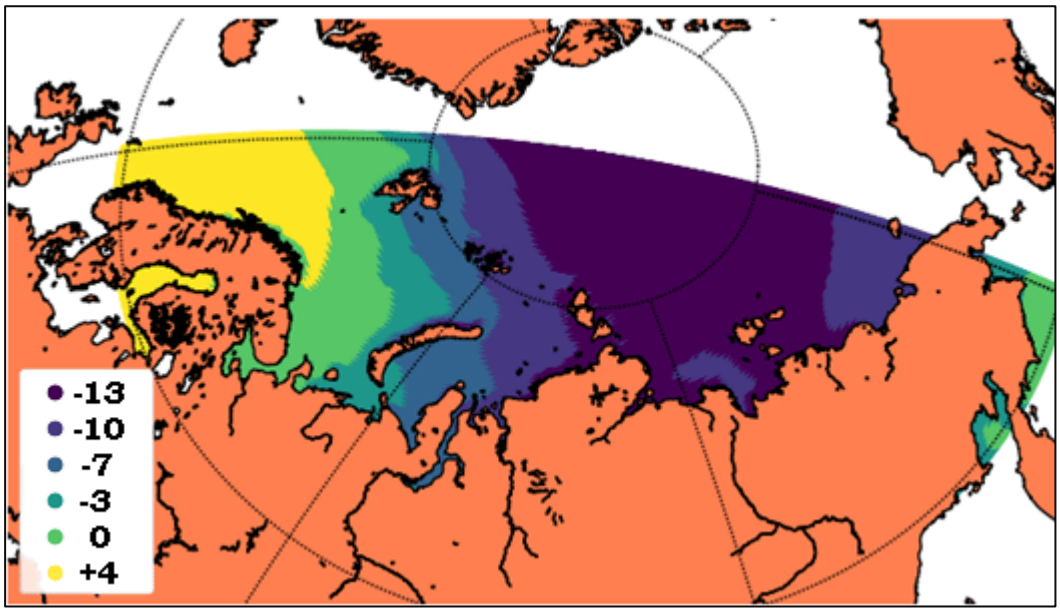


Рис. 1. Кластеризация СЛО на климатические зоны методом К-средних, температуры представлены в градусах Цельсия [Смирнов, 2021].

Математический аппарат модели аналогичен использованному в предыдущей работе [Смирнов и др., 2020] с дополнениями, касающимися учета гидростатического давления. Также пересмотренн подход к расчету давления в отложениях согласно [Tinivella et. al., 2019]. Моделирование основано на решении нестационарного одномерного уравнения теплопроводности (задача Стефана), позволяющего определить профиль распределения температур в толще отложений: $\rho C\frac{\partial T}{\partial t} = \lambda\frac{\partial^2 T}{\partial t^2}$, где ρ – плотность, C – теплоемкость, λ – теплопроводность отложений. Численный расчет производился по неявной разностной схеме с помощью языка программирования Julia.

Большое значение имели предварительно проведенное районирование акватории СЛО по 6-ти классам приземных температур воздуха (Рис. 1), выполненное методом К-средних, средствами языка Python по данным архива реанализа (1 предложение что это за архив) ECMWF ERA5 [https://cds.climate.copernicus.eu…], а также учет районирования СЛО по температуре придонной воды и солености.

Полученные сочетания гидрологических характеристик применялись в качестве верхних граничных условий. Районирование СЛО по геотермическому градиенту [Матвеева и др., 2020], применялось в работе в качестве нижнего граничного условия – тепловых потоков. Какая-то кривая фраза – районирование не может быть граничным условием Акватория СЛО была поделена на 16 климатических зон, каждой из которых соответствует определенное сочетание гидрологических и геотемпературных характеристик.

Расчет по одномерному уравнению теплопроводности в каждой климатической зоне проводился отдельно для изобат от 0 до 100 метров с шагом 10 метров. Между изобатами в дальнейшем была проведена линейная интерполяция по полученным значениям мощностей ЗСГГ и СММП. В совокупности для было проведено около 160 численных расчетов во временном промежутке продолжительностью около 440 тыс. лет с временным шагом порядка 10^{10} секунд.

Результаты моделирования

По данным моделирования современная зона стабильности криогенных гидратов, а значит, и контролирующие её многолетнемерзлые подводные породы простираются повсеместно до изобаты 80 метров.

Согласно выполненным модельным построениям, ЗСГГ в западной части района исследований (моря Баренцево и Карское) распространена в Печорском море и вдоль западного побережья Новой Земли. Наибольшие мощности ЗСГГ должны быть приурочены к Печорской губе и к отмели Пахтусова (до 600 метров). В Карском море ЗСГГ по нашим данным сформирована в проливе Карские ворота, Байдарацкой бухте, Обской губе, на шельфе вплоть до изобаты 80 метров. Наибольшие мощности (до 1200 м) получены для Енисейского и Пясинского заливов, вблизи берега Харитона Лаптева, в районе архипелага Норденшельда и вблизи о. Малый Таймыр.

В море Лаптевых прогнозируется сплошная ЗСГГ, фактически достигающая континентального склона в районе впадины Садко с максимальной мощностью до 1200 м. В Восточно-Сибирском море ЗСГГ распространена практически повсеместно. Следует отметить, что согласно нашим расчётам, Восточно-Сибирское море вследствие благоприятного сочетания низких среднемноголетних температур и невысокого термоградиента, характеризуется очагами аномально мощной ЗСГГ, начинающимся у Новосибирских островов к северу от пролива Санникова, образуя аномальную зону между 160 и 170° в.д., где мощности ЗСГГ могут превышать 1300 метров.

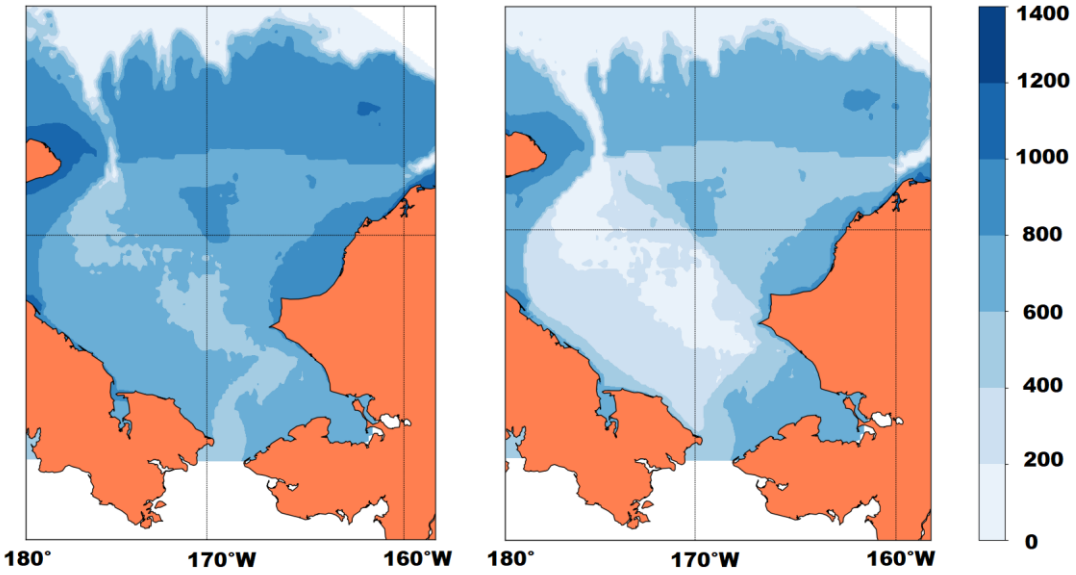


Рис. 2. Сравнение результатов моделирования ЗСГГ для Чукотского моря по изначальному расчету (слева) и с корректировкой придонных температур в голоцене (справа), шкала мощности в метрах.

Чукотское море по результатам моделирования неожиданно оказалось одной из самых благоприятных акваторий для существования ЗСГГ и СММП, что, однако, не подтверждается натурными данными. Подобные, граничащие с «открытым» океаном районы СЛО требуют параметризации - более точной настройки входных параметров, а также учета локальных климатических факторов, имевших место в прошлом, особенно в голоцене. По Чукотскому морю выполнена работа с опубликованными материалами и последующая донастройка исходной модели. Учитывая описанную в ряде работ интенсификацию беринговоморского

затока в период голоцена [Yamamoto et. al., 2017] и проводя параллель между процессами в Беренгии и Северной Атлантике в эпоху Атлантического оптимума, нам удалось сократить площади СММП и ЗСГГ в Чукотском море за счет повышения температуры придонной воды на 4ºС (Рис. 2).

Заключение

В работе впервые выполнен численный расчет глобального распространения ЗСГГ ассоциированных с реликтовой субмариной мерзлотой на шельфе российской части СЛО. Приведены результаты климатического районирования, картирования ЗСГГ и СММП под данным численного моделирования для исследуемых акваторий. Рассмотрены принятые подходы к учету в модели, как пространственной климатической изменчивости, так и палеоклиматические процессы – временной изменчивости. Приведены решения для донастройки модели и шаги, предпринятые для достижения наилучшего соответствия расчетных данных реальным.

Список литературы

Матвеева Т.В. Количественная оценка ресурсов газовых гидратов в акваториях морей Российской Федерации (этап 2) //Отчет о результатах работ, выполненных за 2020 год в рамках Государственного задания Федерального агентства по недропользованию от 13 октября 2020 года №049-00018-20-03 на 2020 год и на плановый период 2021 и 2022 годов. СПб. ВНИИОкеангеология. 2020.

T. V. Matveeva, V. D. Kaminsky, A. A. Semenova and N. A. Shchur. Factors affecting the formation and evolution of permafrost and stability zone of gas hydrates: Case study of the Laptev Sea// http://dx.doi.org/10.3390/geosciences10120504

Модель GEBCO http://www.gebco.net/data_and_products/gridded_Bathymetry Data (Дата обращения 18.01.2021)

Щур А.А., Матвеева Т.В., Бочкарев А.В. Использование ГИС-технологий при картировании потенциально газогидратоносных акваторий // Геология нефти и газа. – 2021. – № 3. – С. 85–94. DOI: 10.31087/0016-7894-2021-3-85-94.

B. de Boer, Lucas J. Lourens, and Roderik S.W. van de Wal. Global 5 Million Year Sea Level, Temperature, and d18Osw Reconstructions – URL: https://www.ncdc.noaa.gov/paleo-search/study/19564 (15.09.2020)

Смирнов Ю.Ю., Семёнова А.А., Щур Н.А., Матвеева Т.В. Прогноз распространения ассоциированных с реликтовой мерзлотой газовых гидратов на шельфе моря Лаптевых // Труды IX Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2020)» Том I (III): [сборник]. Тверь: ООО «ПолиПРЕСС», 2020. С. 70-74

U. Tinivella, M. Giustiniani and H. Marin-Moreno. A Quick-Look Method for Initial Evaluation of Gas Hydrate Stability below Subaqueous Permafrost. Geosciences 2019,9, 329.

Модель Copernicus https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#/dataset/reanalysis-era5-single-levels-monthly-means?tab=overview 16 (Дата обращения 18.01.2021).

Yamamoto, M., Nam, S.-I., Polyak, L., Kobayashi, D., Suzuki, K., Irino, T., and Shimada, K.: Holocene dynamics in the Bering Strait inflow to the Arctic and the Beaufort Gyre circulation based on sedimentary records from the Chukchi Sea, Clim. Past, 13, 1111–1127, https://doi.org/10.5194/cp-13-1111-2017, 2017.

УДК 551.351

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ, ВОЗРАСТ И ПАЛЕОУСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ VII АЛЧАКСКОЙ ТЕРРАСЫ ЧЕРНОГО МОРЯ (ФИНАЛЬНЫЙ ЭОПЛЕЙСТОЦЕН)

GEOLOGY, AGE, AND PALEOENVIRONMENT OF THE VII ALCHAK TERRACE OF THE BLACK SEA (FINAL LOWER PLEISTOCENE)

Чепалыга Андрей Леонидович[1], Садчикова Тамара Александровна[2], Знаменская Лариса Викторона[3]

Chepalyga Andrei Leonidovich[1], Sadchyikova Tamara Alexandrovna[2], Znamenskaja Larisa Viktorovna

[1] *Институт географии РАН, Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences*

[2] *Геологический институт РАН, Geological Institute of the Russian Academy of Sciences*

[3] *Карадагский природный заповедник РАН, Karadag nature reserve of the Russian Academy of Sciences*

Введение

Седьмая терраса относится к террасовой системе Судака [Андрусов, 1912], которая по результатам последних исследований выделена в качестве Судакского типового террасового профиля (СТТП) из 12 морских террас, сформированных в эоплейстоцене и неоплейстоцене в интервале высот 0–200 м абс. [Чепалыга, 2015, 2017]. Отдельные террасовые уровни группируются по 3–5 террас в четырех террасовых кластерах: теркластер «Большие столы» (XII–X террасы), теркластер «Чуплахлар или Птица» (X–VIII террасы), теркластер «Ачиклар» (VII–V террасы) и теркластер «Копсель» (VI–II террасы).

Объект исследования

VII Алчакская терраса СТТП выделена впервые А.Л. Чепалыгой [Чепалыга, 2015] в качестве самостоятельного террасового уровня, располагается выше V и VI Чаудинских террас и ниже VIII Манджильской террасы. Стратотип VII Алчакской террасы определен восточнее г. Судак, а геоморфотип – в пределах Ачикларского террасового кластера + 75 м абс. Ранее этот террасовый уровень был описан Н.И. Андрусовым (1912), как «Южный стол II Манджильской террасы». Высота VII террасы по поверхности морских отложений 75 м. Террасовые отложения мощностью до 8.0–9.0 м представлены, как и в других террасах СТТП, в основном двумя фациями: грубообломочной прибрежно-морской (нижняя часть разреза, 3.0–4.0 м) и тонкозернистой алевритовой лагунной (верхняя часть 4.0–5.0 м). Возраст террасовых отложений – около 900–800 тыс. лет, определен по палеомагнитным данным В.М. Трубихиным в лабораториях ГИН РАН и ИФЗ РАН и соответствует верхней части палеомагнитной эпохи Матуяма выше эпизода Харамилло (990 –1 071 тыс. лет), обнаруженного в более древней VIII террасе [Чепалыга и др., 2019]. В низах изученного разреза выявлен более молодой эпизод Камакитсура (885 тыс. лет) (табл. 1).

Методы и результаты

Для изучения пород разреза был использован комплекс литолого-минералогических анализов: микроскопический, гранулометрический, геохимический (содержание остаточного Cl^-), рентгендифрактометрический (глинистые минералы). По

литологическому составу с учетом данных гранулометрического анализа (рис. 1) в разрезе Алчак можно выделить пять слоев. При этом четыре верхних слоя – преобладающе алеврито-песчано-глинистого состава, а нижний слой – песчаный, с примесью гравийного материала (в отдельных прослоях до 40 % состава).

Таблица 1. Стратотип VII Алчакской террасы Черного моря (СТТП). Результаты палеомагнитных исследований.

Обр. №	Глубина (м)	Jn^0	D^0	J^0	Вектор N+; R–	ПМ-эпоха ПМ-эпизод	Возраст, тыс. лет
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0.2	3.5	150	–41	–		> 784
2	0.4	2.0	140	–45	–	М	
3	0.5	1.5	210	–50	–		
4	0.7	1.5	200	–55	–		
5	0.9	1.0	210	–60	–		
6	1.0	2.5	160	–40	–	а	
7	1.2	3.0	240	–48	–		
8	1.4	4.5	210	–54	–		
9	1.6	4.0	230	–61	–		
10	1.8	3.5	180	–65	–	т	
11	2.0	2.0	169	–48	–		
12	2.2	1.5	120	–46	–		
13	7.0	1.0	100	–45	–		
14	2.6	2.5	140	–41	–	у	
15	2.8	3.0	159	–3.5	–		
16	?	1.0	220	–41	–		
17	3.2	1.0	230	–40	–		
18	3.5	1.5	220	–45	–	я	
19	3.6	1.5	230	–40	–		
20	3.8	2.5	170	–55	–		
21	4.2	3.	160	–61	–		
22	4.2	3.5	240	–65	–	м	
23	4.4	2.5	175	–48	–		
24	4.6	1.0	345	+50	+	Кама-китсура	
25	5.0	2.5	15	+48	+		885
26	5.4	1.5	20	+55	+		
27	5.6	1.5	155	–40	–	а	< 932

Примечание: Jn^0 – напряженность магнитного поля; D^0 – магнитное склонение; J^0 – магнитное наклонение; N+ – нормальная намагниченность; R– обратная намагниченность.

Верхний слой 1 (от 0.0 до 0.9 м) песчано-алевритовый, слабо сортированный, с едва различимой слоистостью, с обилием мелкопесчаных зерен кварц-полевошпатового состава, разноокатанных, часто вовсе неокатанных, остроугольных; присутствует раковинный детрит и обилие растительной органики; встречены кристаллы аутигенного гипса, образующего пластины значительно превышающей размерности относительно основной массы осадка; много железистых минералов, в том числе Fe-Mn конкреций (часто довольно крупных, полых внутри). Ниже на глубине 1.0–2.8 м находится слой 2, состоящий из тонкого алевритового осадка, с незначительной примесью мелкого (< 0.1–0.05 мм) песка, обильной гумусовой пропиткой, тонкой слоистостью и сортировкой.

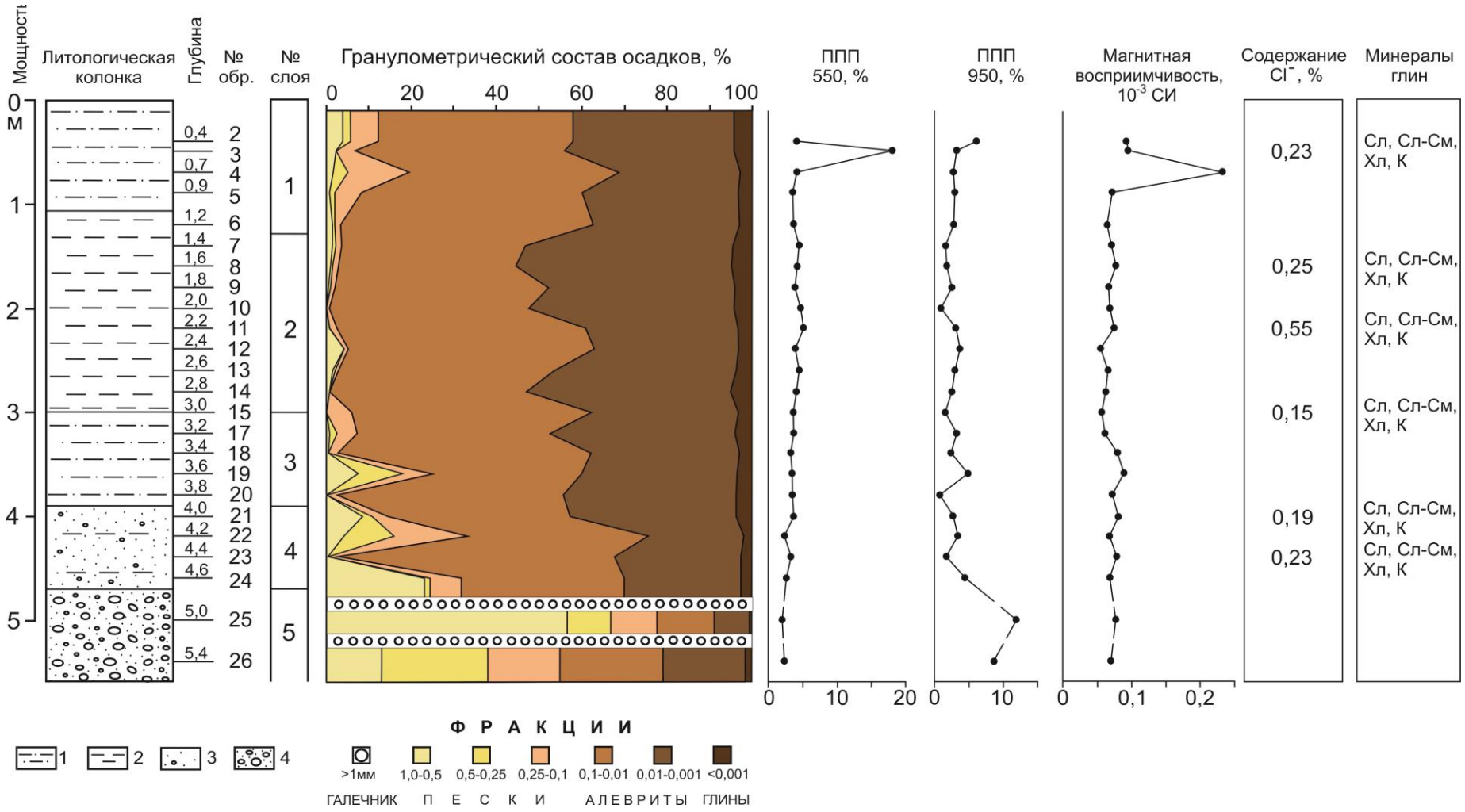


Рис. 1. Состав и физические характеристики пород разреза VII Алчакской террасы (СТТП): 1 – алевриты песчанистые; 2– алевриты глинистые; 3 – пески; 4 – галечники, гравелиты; минералы глин: Сл – слюда; Сл-См – смешанослойный слюда-смектит; Хл – хлорит; К – каолинит

В нижней части слоя появляется примесь более грубого песка и раковинного детрита. Нижележащий слой 3 (от 3.0 до 3.8 м) песчано-алевритовый, с примесью мелкозернистого песка (до 25–40 %), несортированный, без видимо слоистости, с обилием раковинного детрита и углистой растительной органики (отдельные участки с гумусовой и железо-оксидной пропиткой), имеет сходство с верхним слоем (слой 1). В нижней части разреза (слои 4 и 5) пески средне-крупнозернистые, неокатанные, несортированные, неоднородные, с гравийной примесью (> 2.0 мм) до 20 и 40 % в слоях 4 и 5 соответственно, и гнездами более тонкого песчано-алевритового материала, с раковинным детритом и растительной органикой.

Накопление верхней алевритовой части разреза происходило в относительно стабильных застойно-водных условиях мелководного залива (лимана) с незначительными колебаниями гидрологического режима в течение всего времени формирования слоя. Для нижних слоев (4 и 5) характерно преобладание песчано-гравийных фракций (40–85 %), что говорит о нестабильном гидродинамическом режиме с фазами весьма интенсивного потока, способного переносить частицы крупнее 2 мм.

Судя по содержанию остаточного иона Cl^-, можно утверждать, что наиболее тонкие алеврито-глинистые осадки слоя 2 соответствуют и наибольшей солености бассейна (предположительно, полуморского или солоновато-водного типа).

В верхней части разреза, по данным ППП 550°С, максимальное содержание растительной органики (вероятно, под горизонтом погребенных почв), а также повышенное содержание карбонатов – по ППП 950°С.

Состав глинистых минералов на протяжении всего разреза не меняется, что может быть свидетельством постоянства источников поступления терригенного материала, а также неизменности условий для возможного аутигенного минералообразования.

Заключение

Изученные отложения VII Алчакской террасы имеют морской генезис и представлены фациями мелководной полуизолированой лагуны, с относительно стабильными условиями седиментации. На основании абсолютного возраста можно предположить, что это был залив Гурийского солоновато-водного бассейна Черного моря (финальный эоплейстоцен). При исследовании террасовых отложений обнаружены каменные орудия олдованской культуры, определенные В.Н. Степанчуком (Интитут археологии НАНУ, Киев) как чопперы, билл-хуки, кливеры, скребки и др. артефакты олдованской культуры раннего палеолита. Работа выполнена по теме Госзадания ИГ РАН № 0148-2019-0007; по теме Госзадания ГИН РАН № АААА-А20-120030490100-6 и № 0135-2019-0044.

Список литературы

Андрусов Н.И. Террасы окрестностей Судака // Записки Киевского об-ва естествоиспытателей. – Т. 22. – Вып. 2. – 1912. – С. 1 – 88.

Чепалыга А.Л. Новая концепция Черноморских террас Юго-Восточного Крыма // Бюлл. комиссии по изучению четверт. периода. – 2015. – № 74. – С. 90–104.

Чепалыга А.Л. Черноморские террасы юго-восточного Крыма: новая концепция через 100 лет после Н.И. Андрусова // MC museum colloquium. Палеоэкология. Методологические основы. Фактологический потенциал. Применение в музейных экспозициях. М: ГИН РАН, 2017. С. 131–151.

Чепалыга А.Л, Садчикова Т.А., Анисюткин Н.К. Особенности строения и формирование эоплейстоценовой манджильской террасы района Судака в Крыму со следами обитания древнего человека // Бюлл. комиссии по изучению четверт. периода. – 2019. – № 77. – С. 141–159.

УДК 551.79

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВОЗРАСТЕ ХВАЛЫНСКОГО ПРОЛИВА В ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВОЙ ИСТОРИИ МАНЫЧСКОЙ ДЕПРЕССИИ

NEW DATA ON THE AGE OF THE KHVALYNIAN STRAIGHT IN THE LATE PLEISTOCENE HISTORY OF THE MANYCH DEPRESSION

Семиколенных Дарья Валерьевна[1], Курбанов Реджеп Нурмурадович[1,2], Янина Тамара Алексеевна[1,2]

[1]Институт географии Российской академии наук

[2]Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет

Semikolennykh Daria Valer'evna[1], Kurbanov Redzhep Nurmuradovich[1,2], Yanina Tamara Alekseevna[1,2]

[1]Institute of Geography of Russian Academy of Science

[2]Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography

Введение

Раннехвалынская трансгрессия Каспийского моря развивалась в конце позднего плейстоцена. При превышении высоты водораздела (около 45-50 м) с Черноморским бассейном произошло открытие пролива, главным звеном которого стала Манычская депрессия.

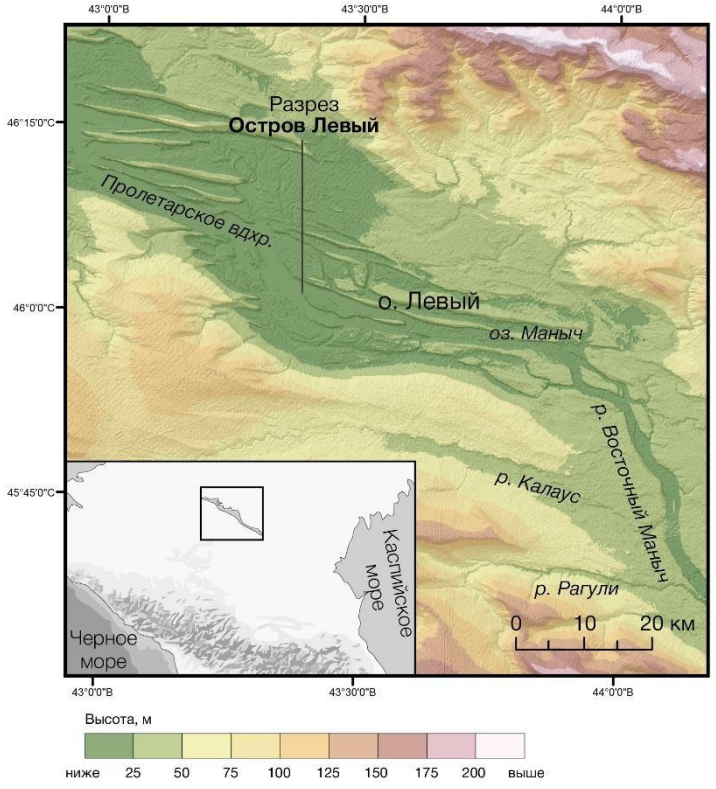


Рис. 1. Местоположение разреза Остров Левый (Манычская депрессия)

Нижнехвалынские отложения можно обнаружить на всем протяжении Манычской депрессии, они характеризуются наличием в их составе раннехвалынского малакофаунистического комплекса.

Первые радиоуглеродные датировки по фауне раннехвалынских моллюсков Маныча были получены в 2000 году в НИЛ новейших отложений и палеогеографии плейстоцена МГУ (Свиточ, Парунин, 2000; Свиточ, Янина, 2001). В 2008-2009 годах была получена серия дат по ряду естественных разрезов (Свиточ и др., 2008, 2009). На основе анализа имеющихся геохронологических данных было установлено (Свиточ, Макшаев, 2017), что проникновение вод хвалынской трансгрессии Каспия в Азово-Черноморский водоем началось между 16 и 14 тыс. лет назад и закончилось не ранее 12.8 тыс. лет назад.

Проблема в том, что в настоящее время геохронология раннехвалынского этапа Манычской депрессии построена на разрозненных датировках прослоев с хвалынской фауной различных береговых обнажений, что затрудняет определение временного интервала функционирования пролива, его этапность, корреляцию и сопоставление с глобальными и региональными геохронологическими шкалами и событиями.

Цель настоящей работы – детальная хронологическая схема развития Манычского пролива в раннехвалынскую эпоху позднего плейстоцена на основе датирования его отложений методом оптически стимулированной люминесценции по кварцу. Объектом датирования был выбран наиболее полный разрез нижнехвалынских отложений, вскрывающийся в береговом обнажении западной оконечности острова Левый центральной части Манычской депрессии.



Рис. 2. Разрез Остров Левый (Манычская депрессия)

Материал и методы

Разрез Остров Левый (N46°01′38.0, E43°23′05.9; $H_{абс}$ – 22.4 м) расположен в западной оконечности о. Левый оз. Маныч на территории Республики Калмыкия (рис. 1). Остров

Левый представляет собой субширотно вытянутую гряду с пологонаклонной или местами субгоризонтальной слабоволнистой поверхностью, его длина достигает 16 км, средняя ширина составляет 250 м (макс. 1 км). Относительная высота над урезом оз. Маныч составляет 6-7 м. Гряда сложена глинистыми осадками буртасского озера, перекрытыми делювиальным и элювиальным чехлом с прислоненными отложениями хвалынской трансгрессии.

Разрез (рис. 2) детально описан, проведены малакофаунистический и геохронологический анализы. Анализ включений фауны моллюсков выполнен в НИ лаборатории новейших отложений и палеогеографии плейстоцена географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова с целью биостратиграфического обоснования геологического возраста осадков и понимания палеоэкологических условий их накопления.

Абсолютная хронология получена методом оптически стимулируемой люминесценции (ОСЛ). Датирование разновозрастных отложений разреза Остров Левый выполнено в Скандинавской лаборатории люминесцентного датирования Орхусского университета.

Результаты

Строение разреза отражает постепенную смену условий осадконакопления от спокойных лиманных до динамичных проточных. Верхняя часть толщи нижнехвалынских отложений характеризуется наиболее динамичной обстановкой, при которой формировались косослоистые хорошо сортированные среднезернистые пески с включением фауны каспийских моллюсков. Биостратиграфический анализ малакофауны подтвердил принадлежность вскрытых в разрезе морских отложений раннехвалынской трансгрессии Каспийского моря. Видовой состав моллюсков в отложениях свидетельствует о несколько пониженной (по сравнению с раннехвалынским бассейном) солености пролива (около 10-11‰), что объясняется опресняющим влиянием местных водотоков.

Получены девять датировок, шесть из них характеризуют аквальные этапы развития территории, три – субаэральные. Выделенная на основе малакофаунистического анализа толща нижнехвалынских отложений имеет возраст 16.4-13.8 тыс. лет. Верхняя часть разреза, включающая в себя прослой хвалынской фауны, датирована 13.8±0.9 тыс. лет, что хорошо согласуется с полученной ранее радиоуглеродной датировкой по малакофауне в этом разрезе (Свиточ и др., 2009; Arslanov et al., 2015).

Таким образом, возраст раннехвалынских отложений аккумулятивного этапа функционирования палеопролива отвечает эпохе деградации поздневалдайской (осташковской) стадии оледенения (МИС 2). Субаэральное осадконакопление началось на территории центральной части Манычской депрессии не позднее 9.2±0.8 тыс. лет назад.

Работа выполнена при поддержке РНФ проект № 21-18-00552.

Список литературы

Свиточ А.А., Парунин О.Б. Радиоуглеродный возраст палеогеографических событий позднего плейстоцена Северного Прикаспия // Доклады Академии наук. М.: Наука. Т. 371. № 4. С. 535-535.

Свиточ А.А., Янина Т.А., Антонова В.М., Й. ван дер Плихт. Хвалынская фауна Маныча // Доклады АН. Серия геогр. 2008. Т. 421. № 5. С. 987-992.

Свиточ А.А., Янина Т.А., Хоменко А.А., Новикова Н.Г. Хвалынские отложения Маныча // Доклады Академии наук. М.: Наука, 2009. Т. 428, № 1. С. 70-74.

Свиточ, А.А., Макшаев, Р.Р. Взаимосвязи палеогеографических событий в Понт-Маныч-Каспийской системе в позднем плейстоцене-голоцене // Вестник Московского Университета. Серия 5. География, 2017. №2. С. 24–32.

Arslanov, K.A., Yanina, T.A., Chepalyga, A.L., Svitoch, A.A., Makshaev, R.R., Maksimov, F.E., Chernov, S.B., Tertychniy, N.I., Starikova, A.A. On the age of the Khvalynian deposits of the Caspian Sea coasts according to 14C and 230Th/234U methods // Quaternary International, 2015. 409. Pp. 81–87.

УДК 550.8

ЧЕТВЕРТИЧНЫЙ ПОКРОВ И СВЯЗАННЫЕ С НИМ ОПАСНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПЕЧОРСКОМ МОРЕ

QUATERNARY COVER AND RELATED DANGEROUS GEOLOGICAL PROCESSES IN THE PECHORA SEA

Рыбалко А.Е.[1,2], Репкина Т.Ю.[3], Терехина Я.Е.[3], Токарев М.Ю.[3], Соловьева М.А.[3], Хлебникова О.А.[3], Гончарова А.М.[4], Горбачев С.В.[5], Мамедов Т.Э.[4]
[1]Центр морских исследований МГУ им. М.В. Ломоносова
[2]Институт наук о Земле СПБГУ
[3]Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
[4]ООО «Арктический научный центр»
[5]ООО «РН-Шельф-Арктика»

Rybalko A.E. [1,2], Repkina T.Yu.[3], Terekhina Ya.E. [3], Tokarev M.Yu.[3], Solovyeva M.A.[3], Khlebnikova O.A., Goncharova A.M.[4], Gorbachev S.V.[5], Mamedov T.E.[4]
[1]Center for Marine Research, Moscow State University M.V. Lomonosov
[2]Institute of Geosciences, St. Petersburg State University,
[3]Moscow State University. M.V. Lomonosov
[4]Arctic Research Center LLC
[5]RN-Shelf-Arctic LLC

Введение

Печорское море, или юго-восточная часть Баренцева моря, является в настоящее время одним из наиболее изученных в геологическом отношении морских бассейнов, о чем свидетельствует целый ряд изданных монографий, в том числе «Печорское море. Опыт системных исследований» в 2003году [4]. Однако, в последнее время проведены дополнительные сейсмоакустические исследования с новыми поколениями аппаратуры, проведено инженерно-геологическое бурение на лицензионных участках ПАО НК «Роснефть», проведены комплексные геологические исследования с использованием геологического пробоотбора для интерпретации геофизических данных. В этих работах большое внимание уделялось опасным геологическим процессам и характеристике их пространственного расположения. Обзор этих материалов и обсуждение новых данных составляет содержание представленного доклада.

Данные и методы

Данные, использованные для написания доклада, получены как в результате анализа геологической литературы за последние 10 лет, так и данных ПАО НК «Роснефть», любезно предоставленные авторам и разрешенные к опубликованию. Особое внимание в докладе уделено анализу разночастотных сейсмических данных, являющихся основой как для

сейсмостратиграфических построений, так и для выявления и картирования опасных геологических процессов (ОГП). С этой целью был проведен не только анализ имеющихся в распоряжении авторов сейсмоакустических материалов, но частичная переобработка их для получения более высококачественных данных. Особое внимание было уделено южной и центральной частям Печорского моря, данные по которым и были использованы для настоящего сообщения.

Полученные результаты

Описываемая часть Печорского моря относится преимущественно к мелководной зоне и глубины здесь колеблются от 5 до 20 м. Только в северо-восточной части отмечаются глубины до 70 м. Плиоцен-четвертичный покров здесь имеет сплошное распространение, а мощность составляет от 20 до 70 м. Формирование чехла рыхлых отложений связано с началом нисходящих движений в плиоцене, причем шельфовая часть Печорского моря испытывает слабое погружение вплоть до настоящего времени, в то время как на берегах в позднечетвертичное время отмечались слабые поднятия [2].

Непосредственно коренные породы в Печорском море перекрываются однородными твердыми глинами с тонкой чешуйчатой слоистостью и с прослоями песков, относимыми к плиоцен-эоплейстоценовому комплексу. Выше залегает морской, ледово-морской нижне-среднеплейстоценовый комплекс, который известен под названием *роговской* свиты. Нижняя часть ее представлена песками с глинистыми оторфованными прослоями и включениями растительных остатков, а верхняя – глинами и суглинками. Генезис и возраст этой толщи являются предметом дискуссии. Одни исследователи относят ее к ледниковым образованиям верхнего неоплейстоцена [5], другие – к морским осадкам нижне-среднеплейстоценового возраста [3].

Отложения роговской свиты перекрыты морскими полосчатыми тугопластично-полутвердыми темно-серыми глинами и суглинками *микулинского* горизонта. Мощность их до 25-35 м и более. Венчают разрез морские голоценовые отложения, сложенные супесями, текучепластичными суглинками, илами, песками от пылеватых до гравелистых и крупнообломочными образованиями. Мощность их не более 5 м.

Предметом дискуссий являются нижняя толща ледово-морских отложений нижне-средненеоплейстоценового возраста и генетическая трактовка верхнего песчаного горизонта, которая в последнее время принимается как аллювиально-морская. Что касается нижней толщи и всего разреза в целом, то и в Печорском море он представляет единый гляциоседиментационный цикл, в основании которого залегают плотные суглинки с различным количеством галечно-(щебнисто-)дресвяного материала, которые перекрываются слоистыми и монотонными глинами и, наконец, отложениями современного моря, представленного песками и, в меньшей степени, илами. Подобная цикличность характерна именно для перигляциальных зон, что подтверждает взгляды О.П. Эпштейна и коллег из МГУ [5].

По поводу генезиса песков верхнего горизонта, анализ данных высокоразрешающего сейсмопрофилирования и отчетливое площадное залегание этих песков по всей южной части Печорского моря говорит, по нашему мнению, об их морском происхождении. В тоже время полученные нами данные переобработки сейсмолент позволили выделить отчетливую сеть

палеодолин, которые выполнены, по-видимому аллювиальными осадками, скорее всего верхненеоплейстоценового возраста, когда шельф был осушен, а ледники, находились к северо-западу от описываемой территории. Это заставляет говорить об этих долинах как о каналах стока ледниковых вод.

Основное внимание при анализе новых данных по геологическому строению Печорского моря было уделено выявлению и прослеживанию ОГП с помощью сейсмоакустических методов. Они стали привлекать внимание по мере хозяйственного освоения дна акваторий. Так в практике работ нефтегазовых компаний были установлены такие явления как проседание грунта на обширных площадях, активизация геодинамических процессов, выявление зон с аномально высоким пластовым давлением (АВПД), сейсмических толчков и пр. [6]. Развитие инженерных объектов нефтегазовой отрасли на дне шельфовых арктических морей обусловило появление повышенных требований к изучению геологических опасностей, которые могли бы привести к возможному нарушению прочности сооружаемых объектов. Особое внимание привлекают многолетнемерзлые породы (ММП) так как контакт с ними техногенных объектов может приводить к деградации мерзлоты и резкому изменению физико-механических свойств горных пород и донных осадков. Новой и весьма опасной проблемой по мере развития инженерного освоения арктического шельфа, стали газы, заключенные в донных осадках. Принципиально важно, что развитие этих процессов идет не только на поверхности шельфовых морей, где одним из главенствующих факторов становится рельеф морского дна, но и внутри толщи как рыхлых отложений, так и пород плитного чехла. В связи с этим была проведена дифференциация ОГП по глубинам их проявления. К числу опасных процессов и явлений следует относить: для глубин 0-10 м по грунту: 1) перенос осадков и размыв дна, ледовое выпахивание, а также рельефные формы флюидопроявлений, 2) склоновые (гравитационные) процессы, 3) наличие газонасыщенных осадков, 4) современные геодинамические процессы (в том числе активизированные разрывные нарушения и смещения по ним), 5) разжижаемые («слабые») грунты, 6) палеодолины, 7) скопления крупных валунов. Для глубин 10-100 м по грунту набор ОГП состоит из: 1) наличия ММП, 2) наличия газонасыщенных осадков и интервалов АВПД; 3) сейсмичность района работ, 4) современных геодинамических процессов, 5) палеодолин. Аналогично для глубин 100-1000 м по грунту ОГП являются: 1) наличие газонасыщенных осадков и интервалов с АВПД, 2) сейсмичность района работ, 3) современные геодинамические процессы.

Для Печорского моря анализ сейсмограмм позволил выделить устойчивые дешифровочные признаки для следующих видов ОГП, которые проявляются в приповерхностном горизонте (0-10 м): 1) интервалы повышенного газонасыщения по данным 2D СР-МГУ-СВР, которые выделяются по многочисленным зонам осветления, «ярким пятнам», а также смене полярности отражения; 2) выходы газа на дно (сипы), ниже которых прослеживаются участки хаотической волновой картины, характеризующиеся повышенной амплитудой записи. Для интервала глубин по грунту 10-100 м по сейсмическим данным были выделены: 1) интервалы повышенного газонасыщения по данным 2D СР-МГУ-СВР по тем же параметрам, что и для приповерхностного горизонта. При этом было показано, что рассеянный газ в разрезе не представляет большой опасности для строительства скважины, однако общее ухудшение качества сейсмической записи на таких участках затрудняет выявление реальных опасностей, существующих в разрезе. При этом с помощью использования различных атрибутов при обработке сейсмограмм были выявлены зоны с

возможным реально повышенным газонасыщением осадка в ВЧР; 2) многочисленные локальные аномалии, предположительно являющиеся газовыми выходами, которые характеризуются выгибаниями осей синфазности и прерыванием донного отражения, что сильно затрудняет корреляцию отражений, находящихся под этим объектом. Для оконтуривания в плане этих аномалий в приповерхностной части разреза были использованы результаты кластерного анализа; 3) яркие пятна по материалам совместной интерпретации данных 2D с данными, полученными по методике 3D, суть которой заключалась в сравнении выделяемых областей с повышенной газонасыщенностью в приповерхностной части разреза; 4) интервалы повышенного газонасыщения по данным 3D СР-МГУ-ВР с использованием амплиатудного анализа; 5) палеоврезы, с которыми связана латеральная изменчивость петрографического состава грунтов, что может оказать негативное влияние на устойчивость буровых сооружений, а также при бурении в грунтах, заполняющих врезы, могут происходить «вывалы» грунта и загрязнение ствола скважин. Использование различных методов специальной обработки позволило составить принципиально новую схему палеоврезов на всей анализируемой площади морского дна; 6) посткриогенные деформации в ВЧР, которые проявляются на амплитудных слайсах в виде серий субпараллельных узких объектов; 7) появление мерзлых грунтов в разрезе, которые проявляются в волновом поле по интенсивной амплитуде на сейсмическом разрезе. Одним из признаков является существенное загибание вверх осей синфазности под аномалией, что связано с присутствием в разрезе высокоскоростной неоднородности в верхней части разреза. При увеличении мощности мерзлых грунтов скоростная аномалия становится более выраженной. Следует отметить, что анализ 5 скважин в этой части Печорского моря показал наличие ММП только в одной из них, располагающейся у берега на глубине 5 м. В целом прослеживается отчетливая тенденция к снижению ареала распространения мерзлых грунтов на шельфе по результатам проведения бурения. Данные выделения ММП в описываемом районе также свидетельствуют, что по совокупности признаков область с высокой вероятностью распространения мерзлых пород выделяется только в прибрежной зоне, а в примыкающей к этой зоне широкой полосы вероятность встречи ММП резко снижается. Особое место занимают области быстрой смены сейсмической записи, характеризующиеся многочисленными прерываниями осей синфазности, сменой полярности и другими признаками. Это явление не всегда находит достоверное объяснение, но обычно связано с резкой литофациальной неоднородностью осадков по латерали.

На описываемой части дна Печорского моря по данным изученных сейсмозаписей удалось выделить значительное количество амплитудных аномалий в интервале от 100 м до 1 км, генезис большой части из которых предположительно связан с наличием в разрезе газонасыщенных отложений. Эти аномалии выделялись по 1) выявленным повышенным амплитудам отражений (более чем в 3-5 раз превышающие среднее значение по латерали) – аномалии типа «яркое пятно», 2) обратной полярности отражённого сигнала, 3) ослаблению амплитуд отражений под аномалией вплоть до полной потери корреляции, 4) ложному «прогибанию» осей синфазности под аномалией, обусловленному уменьшением скорости в газонасыщенном интервале (отрицательный «скоростной эффект»). Они широко развиты на всей площади и по набору признаков разделяются на 2 типа: субвертикальные зоны потери или ослабления корреляции и амплитудные аномалии типа «яркое пятно».

Особое место на данном интервале глубин занимает выделение разрывных нарушений. Следует отметить, что и по данным геологического картирования большинство

предполагаемых нефтегазовых месторождений тесно связано с проявлением дизъюнктивной тектоники [1]. Опасность разрывных нарушений для скважин связана с возможностью активизации разрывного нарушения при сейсмических воздействиях, миграцией флюида (газа) вдоль плоскости сместителя, а также наличием зон дробления грунтов вблизи плоскости разрыва. Кроме того, при прохождении активизированного разлома через промышленную газовую залежь велика возможность полного ее исчезновения.

Признаки выделения разрывных нарушений на сейсмических разрезах многочисленны и разделяются на кинематические (структурные) и динамические. К кинематическим характеристикам относятся: разрывы осей синфазности отраженных волн, смещение осей синфазности отраженных волн, резкое изменение наклонов осей синфазности, а по латерали - типа волновой картины. Динамические характеристики разрывных нарушений включают: резкое изменение амплитуд в зоне предполагаемого разрывного нарушения, понижение частоты, наличие в зонах дизъюнктивных дислокаций волн иной природы (дифрагированных). В результате проведенной интерпретации было установлено, что разрывные нарушения распространены повсеместно, но, в основном, проявляются в интервале глубин от 600 м и ниже.

Заключение

В результате проведенных работ по переинтерпретации сейсмических записей и анализа нового геолого-геофизического материала в южной и центральной частях Печорского моря было в значительной степени уточнено геологическое строение и генетическая интерпретация выделяемых геологических стратонов. Особое значение имеет разработка признаков ОГП на различных интервалах глубин и их пространственное распространение. Отдельное значение для геологического картографирования имеет детальная схема палеоврезов на рассматриваемой площади. Полученные классификационные признаки проявления опасных геологических процессов будут иметь большое значение при проведении инженерно-геологических изысканий в интересах нефтегазовой отрасли.

Список литературы

1. Государственная геологическая карта Российской федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Северо-Карско-Баренцевоморская. Листы R-39,40 – о. Колгуев – прол. Карские Ворота. Объяснительная записка. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2013. 477 с.

2. Журавлёв В. А., Кораго Е. А., Костин Д. А., Зуйкова О. Н. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Северо-Карско-Баренцевоморская. Лист R-39,40 – о. Колгуев прол. Карские Ворота. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2014. 405 с.

3. Крапивнер Р.Б., Гриценко Н.И., Костюхин А.И. Позднекайнозойская сейсмостратиграфия и палеогеография Южно-Баренцевоморского региона // Четвертичная палеоэкология и палеогекография северных морей М.: Наука, 1988. С.103-123

4. Печорское море. Опыт системных исследований. М.: Издательская группа "Море", 2003. 486 с.

5. Эпштейн О.Г., Чистякова И.А. Печороморский шельф в позднем валдае–голоцене: основные седиментологические и палеогеграфические события // Бюлл. комиссии по изучению четвертичного периода. 2005. №66. С. 107–123.

6. Янкевский А.В., Ганченко Д.Д., Чернеева Е.В., Щерба В.А. Экологические проблемы добычи нефти и газа на шельфе Мирового океана // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №6 (2017) https://naukovedenie.ru/PDF/45TVN617.pdf

УДК 553.981.2

ГЕНЕЗИС ЭМИССИИ ГАЗА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

GENESIS OF GAS EMISSION IN THE CENTRAL PART OF THE LAPTEV SEA BASED ON SEISMIC DATA ANALYSIS

Кишанков Алексей Владимирович[1,2]

[1] РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва

[2] Институт проблем нефти и газа РАН, Москва

Kishankov Aleksei Vladimirovich[1,2]

[1] Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Moscow

[2] Oil and Gas Research Institute of RAS, Moscow

Введение

Море Лаптевых является акваторией Восточно-Арктического шельфа с высоким углеводородным потенциалом. Однако, в связи с отсутствием пробуренных скважин, геологическое строение и нефтегазоносность региона остаются слабо изученными. Важным известным объектом является поле газовых сипов, расположенное в центральной части моря. Объектом исследования являлась центральная часть моря Лаптевых. Целью работы было определение генезиса эмиссии газа. Данный вопрос изучается различными научными организациями [Сергиенко и др., 2012; Baranov et al., 2020; Shakhova et al.., 2015; Steinbach et al., 2021 и др.]. Существует теория о том, что газ выделяется из газовых гидратов, которые сформировались в ходе последнего оледенения и в настоящее время диссоциируют, в связи с глобальным потеплением.

Данные и методы

Исследование состояло в анализе сейсмических данных, включающих полевые сейсмограммы общего пункта взрыва и временные сейсмические разрезы, также рассматривались океанологические данные, в частности, придонные температуры воды. Анализ сейсмограмм общего пункта взрыва состоял в выделении высокоскоростных преломляющих горизонтов в верхней части разреза [Богоявленский и др., 2021б]. Такие горизонты являются признаком существования относительно плотных слоев, таких как многолетнемерзлые породы или газовые гидраты [Brothers et al., 2012]. Анализ временных разрезов включал выделение разрывных нарушений и аномалий, указывающих на потенциальные залежи свободного газа, которые характеризуются повышенными амплитудами, пониженными частотами и другими признаками [Богоявленский и др., 2021а]. Также в исследовании анализировалось изменение придонных температур воды в течение последних десятилетий, что является важным фактором для диссоциации газовых гидратов.

Результаты

В результате анализа сейсмограмм общего пункта взрыва, высокоскоростные преломляющие горизонты, указывающие на наличие многолетнемерзлых пород и газовых гидратов, были выделены в южной части района исследования, в то время как в северной части, где происходит эмиссия газа, такие горизонты, в основном, отсутствовали. Это исключает теорию о том, что газ выделяется из газовых гидратов. На временных разрезах выявлены многочисленные потенциальные залежи свободного газа в верхней части осадочного чехла, а также глубинные разломы. Некоторые разломы расположены вблизи известных газовых сипов, указывая на вероятную миграцию термогенного газа к морскому дну из глубинных залежей. Анализ придонных температур воды в районе исследования не

показал их увеличения в последние десятилетия, что также исключает современную диссоциацию потенциальных газовых гидратов.

Заключение

Результаты выполненного исследования позволяют делать вывод о том, что эмиссия газа в центральной части моря Лаптевых, наиболее вероятно, связана с вертикальной миграцией термогенного газа по разрывным нарушениям из глубинных залежей, а не с диссоциацией газовых гидратов. Исследование также показало высокую потенциальную газонасыщенность верхней части разреза, куда газ также мог мигрировать из глубинных залежей по разломам. Таким образом, результаты исследования согласуются с теорией о высоком углеводородном потенциале моря Лаптевых, который необходимо изучать в дальнейшем.

Работа выполнена по госзаданию ИПНГ РАН по теме “Рациональное природопользование и эффективное освоение нефтегазовых ресурсов арктической и субарктической зон Земли” (№ АААА-А19-119021590079-6).

Список литературы

Богоявленский В.И., Казанин А.Г., Кишанков А.В., Казанин Г.А. Дегазация Земли в Арктике: комплексный анализ факторов мощной эмиссии газа в море Лаптевых // Арктика: экология и экономика. — 2021а. — Т. 11, — № 2. — С. 178-194.

Богоявленский В.И., Кишанков А.В., Казанин А.Г. Мерзлота, газогидраты и сипы газа в центральной части моря Лаптевых // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. – 2021б. – Т. 500. – № 1. – С. 70-76.

Сергиенко В. И., Лобковский Л. И., Шахова Н. Е. и др. Деградация подводной мерзлоты и разрушение гидратов шельфа морей Восточной Арктики как возможная причина «метановой катастрофы»: некоторые результаты комплексных исследований 2011 года // Докл. Акад. наук. — 2012. — Т. 446. — № 3. — С. 330—335.

Baranov B., Galkin S., Vedenin A. et al. Methane seeps on the outer shelf of the Laptev Sea: characteristic features, structural control, and benthic fauna // Geo-Marine Letters. – 2020. - V. 40. – P. 541—557.

Brothers L. L., Hart P. E., Ruppel C. D. Minimum distribution of subsea ice-bearing permafrost on the US Beaufort Sea continental shelf // Geophysical research letters. – 2012. - V. 39. - No. 15. – P. 1—6.

Shakhova N., Semiletov I., Sergienko V. et al. 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. – V. 373, 20140451.

Steinbach J., Holmstrand H., Shcherbakova K. et al. Source apportionment of methane escaping the subsea permafrost system in the outer Eurasian Arctic Shelf // PNAS. – 2021. – V. 118. – No. 10, e2019672118. – P. 1-9.

УДК 551.4.04, 551.46, 551.243

СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДНА ПРОЛИВА ВЕЛИКАЯ САЛМА (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ БЕЛОГО МОРЯ)

STRUCTURAL AND GEOMORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE BOTTOM OF THE GREAT SALMA STRAIT (KANDALAKSHA BAY OF THE WHITE SEA)

Рысакова Мария Анатольевна, Брянцева Галина Владимировна, Косевич Наталья Игоревна
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Геологический факультет

Rysakova M.A., Bryantseva G.V., Kosevich N.I.
M.V. Lomonosov Moscow State University, Department of Geology

Введение

Наиболее глубокий залив Белого моря – Кандалакшский - расположен в его западной части. В строении его береговой линии наблюдается высокая расчлененность многочисленными узкими и глубокими заливами, далеко вдающимися в сушу. В строении рельефа дна Кандалакшского залива наблюдаются узкие, вытянутые в направлении простирания основных разломных зон извилистые понижения глубиной до 100 м. Форма и характер их сопряженности свидетельствуют о первично-тектонической предопределенности расчленения морского дна и дифференцированных подвижках отдельных его блоков. Залив Великая Салма, располагается на границе двух основных частей Кандалакшского залива – кутовой и центральной, что отражается в сложно построенном рисунке рельефа его дна со значительными перепадами глубин.

За последние годы усилиями преподавателей и студентов Геологического факультета был накоплен значительный объём данных, полученных в рамках съёмки методом гидролокации бокового обзора (ГЛБО), георадиолокации (GRP) и непрерывного сейсмоакустического профилирования (НСП). Сейсмоакустическими исследованиями охвачены акватории губы Ругозёрской и пролива Великая Салма. В результате проведенных работ получены данные высокой детальности, которые позволяют проводить структурно-геоморфологический анализ района исследования для подтверждения, выделенных по геофизическим полям геологических структур и тектонических нарушений.

Методы исследования

Построение структурно-геоморфологической схемы проводилось по методике, которая в значительной степени была разработана Н.П. Костенко [Костенко, 1999]. При этом использовались топографические карты, данные аэрофотосъёмки, батиметрические карты дна пролива (исходная модель разрешением 4,7*4,7 м и площадью 194,57 км^2), которые в свою очередь сопоставлялись с геологическими материалами. Для исследования новейших деформаций и выделения структурно-обусловленных элементов проводился анализ вертикального и горизонтального расчленения рельефа. Сопоставление данных структурно-геоморфологического анализа и геологических данных позволило выявить разрывы, развитие которых продолжается на новейшем тектоническом этапе.

Результаты.

На исследуемый район была построена структурно-геоморфологическая схема дна пролива Великая Салма и прилегающего западного побережья (Рис.1). В пределах исследуемого района можно выделить структуры первого порядка, которым даны условные названия – поднятия: Верховское (I), Нильмозерецкое (II), Салма (III). Для каждого выделенного блока характерно уникальное геологическое строение и история развития. Эти формы рельефа несут следы зависимости от структурных особенностей фундамента и отражают его блоковое строение. Границами блоков являются долгоживущие или омоложенные разломы.

Верховское поднятие расположено в северо-западной части территории. Породы фундамента представлены беломоридами (биотитовые гнейсы, амфиболовые гнейсы, гранито-гнейсы, амфиболиты), перекрытыми четвертичными отложениями мощностью до 6 м. Средние высоты не превышают 20 м, а максимальные составляют около 100 м. Рельеф поверхности формируют моренные гряды, образованные во время Валдайского оледенения. Территория подверглась активной денудации, вследствие чего на ней не наблюдается резкого изменения высоты рельефа. Максимальные же отметки, вероятнее всего, связаны с выходом более устойчивых пород фундамента на поверхность.

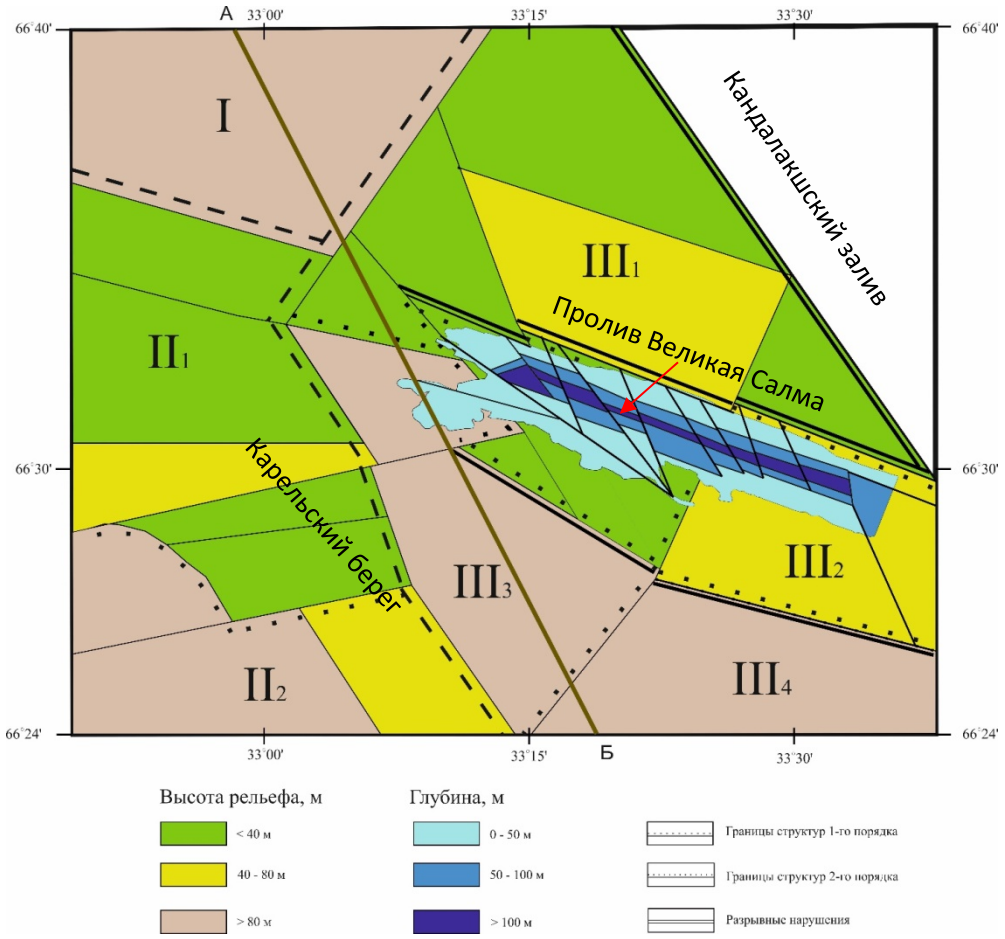


Рис. 1. Структурно-геоморфологическая схема суши и дна пролива Великая Салма

Цифры на карте: I – Верховское поднятие, II – Нильмозерецкое поднятие (II_1 - Чернореченская низменность, II_2 – Карельская возвышенность), III – поднятие Салма (III_1 – низменность Великая, III_2 – впадина Салма, III_3 – Новосельская возвышенность, III_4 – возвышенность Гирейсбор).

Нильмозерецкое поднятие находится южнее Верховского и отделяется от него разломом ЗСЗ простирания. На большей части территории распространены неоплейстоценовые ледниковые моренные отложения. В пределах поднятия выделяются: Чернореченская низменность (II_1) и Карельская возвышенность (II_2).

Поднятие Салма (III) расположено на востоке территории. В его пределах выделяются: низменность Великая (III_1), впадина Салма (III_2), возвышенности: Новосельская (III_3), Гирейсбор (III_4). Низменность Великая (III_1) находятся на северо-восточном берегу пролива Великая Салма и осложнена разломами СЗ, СВ и ЗСЗ простирания. Она отделена от пролива Великая Салма системой разломов ЗСЗ простирания, совпадающего с простиранием пролива и наследует в значительной степени ЗСЗ разлом, выделенный ранее и развивающийся унаследованно. Этот древний разлом разбит системой сдвигов, по-видимому, более молодых, имеющих СВ простирание. Восточная граница этой низменности совпадает с границей между Кольской и Карельской структурами, проходящей в значительной степени по Кандалакшскому заливу. Максимальные отметки высот достигают 80 м. Впадина Великая Салма (III_2) одна из самых сложных структур, выделенных в данном районе. Он состоит из прибрежных участков суши и дна залива. Впадина представляет собой грабен, сформировавшийся в несколько фаз деформации, границы блока параллельны выделенным ранее разрывным нарушениям ЗСЗ простирания. Рельеф суши слабо расчленён, максимальные отметки наблюдается в восточной части и не превышают 55 м. Большая часть территории погружена под воду, поэтому для лучшей характеристики движений необходимо было исследовать батиметрическую карту пролива. Рельеф дна неоднородный с перепадом глубин от -3м до -260 м. По карте и геоморфологическим профилям были выделены согласные разрывные нарушения, в основном ЗСЗ простирания, направление которых коррелирует с выделенными ранее разрывными нарушениями. Секущие разрывные нарушения ССЗ и СЗ простирания являются. по-видимому, более молодыми и имеют преимущественно левосдвиговую составляющую.

Новосельская возвышенность (III_3) расположена на юго-западном берегу пролива Великая Салма и имеет высоты, превышающие 100 м. В основном вся территория представлена локальными выходами пород архейского возраста на поверхность, максимальные высоты достигает 102 м. Возвышенность Гирейсбор (III_4) слабо расчленена и характеризуется низкими отметками рельефа (не более 40 м). Она также находится на юго-западном берегу пролива Великая Салма. Возвышенности Гейнсбор и Новосельская отделяются от впадины Великая Салма по древнему разлому ЗСЗ простирания, который развивается унаследованно.

Комплексный анализ морфометрических показателей и структурно-геоморфологических характеристик дна пролива Великая Салма позволяет сделать вывод о том, что формирование пролива Великая Салма шло в несколько этапов, которые хорошо выражены в виде ступеней рельефа как на картах, так и в рисунке геолого-геоморфологических профилей. Линейные нарушения, ограничивающие ступени, протягивающиеся вдоль пролива и имеющие ЗСЗ ориентировку, наследуют древние разрывы. А разрывы СЗ направления – более молодые – именно они указывают на левосдвиговые тектонические деформации. Согласно структурно-геоморфологической карте дна пролива и прибрежной части древняя грабенообразная структура достигала по-видимому больших размеров, чем сейчас занято акваторией пролива Великая Салма.

Результаты структурно-геоморфологического анализа были сопоставлены с картой рельефа кровли архейского фундамента [Старовойтов и др., 2018, Шварев и др., 2015] с четко

выделенной вытянутой зоной, для которой характерны максимальные отметки глубины залегания кровли фундамента, и которая совпадает с выделенной на структурно-геоморфологической карте дна пролива Великая Салма грабенообразной структурой. Разрывные нарушения СЗ простирания прослеживаются как на кровле архейского фундамента, так и в рельефе дна пролива, они развиваются унаследовано. Разломы СВ простирания не были выявлены при анализе батиметрии. Линейные нарушения ССЗ простирания в рельефе дна пролива не отражены в кровле архейских пород. Это может быть связано с тем, что они представляют собой оперяющие зоны трещиноватости разломов ЗСЗ простирания.

Заключение

Формирование рельефа дна пролива Великая Салма и прилегающей суши шло в несколько этапов, которые нашли своё отражение в выделенных областях морфометрических комплексов и структурных форм. Черты современного рельефа заложены совместной деятельностью плейстоценовых оледенений Фенноскандии, гляциоизостатических колебаний уровня моря и активизации тектонических движений.

В рамках визуального и автоматического дешифрирования батиметрической модели дна пролива Великая Салма выделены линейные структуры, которые приурочены к системе разломов и ослабленных зон, комплексный анализ которых с разрывными нарушениями, выявленными по кровле архейского фундамента показал корреляцию между линейными объектами ЗСЗ простирания, которые в новейшем этапе они развиваются унаследовано. Линейные нарушения ССЗ и СЗ простирания являются новообразованными и маркируют обстановку левого сдвига.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № АААА-А16-116033010119-4). The research was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme No. AAAA-A16-116033010119-4).

Благодарность

Авторы благодарят коллектив кафедры сейсмометрии и геоакустики Геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, а в частности ведущему научному сотруднику, к.т.н. Токареву Михаилу Юрьевичу и доценту к.г.-м.н. Старовойтову Анатолию Васильевичу за предоставленные материалы по результатам детальной съёмки глубинного локатора бокового обзора.

Список литературы

1. *Костенко Н.П.* Геоморфология. М.: МГУ. 1999. 398 с.
2. *Старовойтов А.В., Токарев М.Ю., Терёхина Я.Е.* Атлас по интерпретации геофизических данных для морской практики на Белом море: учебное пособие / А.В. Старовойтов, М.Ю. Токарев, Я.Е. Терёхина. М.: «КДУ», «Университетская книга», 2018.– 110 с.
3. *Шварев С. В., Никонов А. А., Фроль В. В.* Морфоструктура, тектоническая и сейсмическая активность в бассейне Белого моря: анализ на основе ЦМР, геологических и сейсмических данных // Геоморфологические ресурсы и геоморфологическая безопасность: от теории к практике: тезисы докл. Всерос. конф. VII Щукинские чтения. М.: МАКС Пресс, 2015. С. 199–202.

УДК 551.46

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОЕКТ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА ДНА МИРОВОГО ОКЕАНА NIPPON FOUNDATION - GEBCO SEABED 2030

NIPPON FOUNDATION - GEBCO SEABED 2030 PROJECT: DIGITAL TERRAIN MODEL OF THE WORLD OCEAN FLOOR

Зарайская Юлия Андреевна
ФГБУН Геологический институт Российской академии наук, лаборатория геоморфологии и тектоники дна океанов

Zarayskaya Yulia
Geological Institute of Russian Academy of Science, Laboratory of Ocean Floor Geomorphology and Tectonics

Объединенная программа Международной гидрографической организации (МГО) и Межправительственной Океанографической Комиссии (МОК) ЮНЕСКО — Генеральная Батиметрическая Карта Океана (ГЕБКО) совместно с японским фондом Ниппон инициировали международный проект «Nippon Foundation-GEBCO Seabed 2030», который направлен на создание цифровой модели рельефа (ЦМР) дна Мирового Океана (URL: https://seabed2030.org/).

Целью проекта «Nippon Foundation-GEBCO Seabed 2030» является создание к 2030 г. ЦМР дна Мирового Океана, полностью основанной на фактических батиметрических промерах. Основным результатом работы проекта является ЦМР дна Мирового Океана. В рамках проекта происходит ежегодное обновление модели. На момент выхода первой версии в 2018 году акустические промеры глубин многолучевым эхолотом составляли 6% всей площади ЦМР. Компиляция 2021 года GEBCO_2021 содержит уже около 20% акустических промеров [Morgan, 2021]. При этом качественная модель рельефа дна океана необходима как для обеспечения растущих объемов хозяйственной деятельности в океане и рационального использования ресурсов, так и для фундаментальных научных исследований Земли. Рельеф дна океана является одним из ведущих факторов в формировании океанической циркуляции, которая в свою очередь влияет на региональную и глобальную систему взаимодействия океан-атмосфера, контролирующую перенос тепла между тропическими и полярными областями. Батиметрические данные необходимы для изучения приливно-отливных и волновых процессов, переноса осадков, подводных геологических опасностей, для обеспечения прокладки подводных коммуникаций, разведки и добычи природных ресурсов, для обеспечения военных и оборонительных нужд на акваториях и многого другого [Проспект проекта..., Mayer et al., 2018].

Достижение поставленной цели возможно только путем международного сотрудничества как в процессе сбора и обработки данных, так и для составления самой ЦМР.

Основными направлениями работы проекта являются:

- поиск и включение в компиляцию всех доступных данных о глубинах океана;
- определение существующих, но по различным причинам недоступных, данных и поиск путей и возможностей включения этих данных в общую компиляцию;
- определение районов океана, где акустические промеры глубин никогда не производились и продвижение программ картографирования именно этих регионов.

Помимо основных направлений проект поддерживает инициативы направленные на развитие инновационных технологий в области картирования дна океана.

Проект поддерживает достижение целей поставленных Организацией Объединенных Наций (ООН) в области устойчивого развития, и включен в программу реализации цели № 14 «Сохранение и рациональное использование океанов, морей и морских ресурсов в интересах устойчивого развития» в качестве одного из основных проектов. В 2021 году было объявлено, что проект официально был объявлен частью программы десятилетия наук об океане ООН (URL: https://seabed2030.org/news/read-july-2021-edition-depth-our-e-newsletter).

Список литературы

Morgan E. Can Scientists Map the Entire Seafloor by 2030? // Smithsonian Magazine. June 28, 2021. URL: https://www.smithsonianmag.com/science-nature/can-scientists-map-entire-seafloor-2030-180978004/ (дата обращения 15.09.21)

Проспект проекта Nippon Foundation – GEBCO Seabed 2030. Seabed 2030 brochure. https://seabed2030.org/sites/default/files/documents/seabed2030_brochure.pdf (дата обращения: 15.09.21)

Mayer, L.; Jakobsson, M.; Allen, G.; Dorschel, B.; Falconer, R.; Ferrini, V.; Lamarche, G.; Snaith, H.; Weatherall, P. The Nippon Foundation—GEBCO Seabed 2030 Project: The Quest to See the World's Oceans Completely Mapped by 2030. Geosciences 2018, 8, 63.

551.462:551.793.9

ГЛЯЦИАЛЬНЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВОМОРСКОГО ШЕЛЬФА КАК ИНДИКАТОРЫ ДВИЖЕНИЯ ЛЕДНИКА (ПО МАТЕРИАЛАМ РЕЙСОВ TTR-19 И TTR-20)

GLACIAL LANDFORMS ON THE NORTHERN PART OF THE BARENTS SEA SHELF AS INDICATORS OF PAST ICE-SHEET FLOW (BASED ON THE MATERIAL FROM TTR-19 AND TTR-20 CRUISES)

Соловьева Марина Андреевна[1], Монтелли Александр Игоревич[2], Ахманов Григорий Георгиевич[1]

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва

[2] Институт полярных исследований имени Скотта, Кембридж

Solovyeva Marina Andreevna[1], Montelli Aleksandr Igorevich[2], Akhmanov Grigorii Georgievich[1]

[1] Lomonosov Moscow State University, Moscow

[2] Scott Polar Research Institute, University of Cambridge, Cambridge

Введение

В четвертичное время вся территория Баренцевоморского шельфа, а также прилегающие участки суши были покрыты мощным покровным ледником [Svendsen et al., 2004; Hugles et al., 2016; и др.]. Основными свидетельствами существования ледника являются различные формы рельефа, которые сформировались при движении ледовых масс или талых вод. Западный сектор Баренцева моря характеризуется хорошей геолого-геофизической изученностью, которая позволила сделать детальные реконструкции развития ледника в поздне-четвертичное время [e.g. Bjarnadóttir et al., 2013; Jakobsson et al., 2014; Patton et al., 2015]. В то же время, существующие модели оледенения для восточной (российской) части баренцевоморского шельфа носят гипотетический характер в связи с малым количеством данных. Северо-восточная часть региона характеризуется наименьшей изученностью, однако является ключевой в вопросах реконструкции динамики оледенения [Dowdeswell et al., 2021]. В связи с этим, с 14 сентября по 14 октября 2021 года была организована международная мультидисциплинарная научная экспедиция Плавучего Университета ЮНЕСКО-МГУ по программе «Training-through-Research», одной из задач которой являлось исследование поверхности морского дна с целью реконструкции динамики развития ледникового покрова в северной части Баренцевоморского шельфа.

Данные и методы

В ходе экспедиции был выполнен широкий комплекс геолого-геофизических исследований. В вопросах изучения ледниковых форм рельефа наиболее важную роль играли геофизические методы, включавшие непрерывное сейсмоакустическое профилирование с электроискровым источником, картирование придонных отложений профилографом и исследование рельефа морского дна с использованием многолучевого эхолота. В результате детального анализа полученных данных были обнаружены различные формы рельефа, которые идентифицировались путём сравнения со схожими структурами в норвежской части Баренцева моря.

Результаты наблюдений.

На исследуемой части Баренцевоморского шельфа широко развито айсберговое выпахивание. В этой связи на глубинах моря менее 200 м айсберги практически полностью уничтожили гляциальные формы рельефа. На участках, свободных от плугмарков, была

закартирована наиболее распространённая форма рельефа – мегамасштабная ледниковая линейность (mega-scale glacial lineation – MSGL). Данные структуры формируются при деформировании мягких подледниковых осадочных накоплений под действием налегающего, активного и быстро движущегося ледникового потока. Они образуют группы протяжённых параллельных линейных гряд и ложбин, ориентированных в направлении течения ледниковых потоков, что позволяет провести реконструкцию движения ледника [King et al., 2009; Spangolo et al., 2014].

Другими распространёнными в изученном районе формами рельефа являются морены отступания (retreat moraines), представляющие собой осадочные валы слабоизвилистой формы. Они формируются на внешней кромке ледника при кратковременном сезонном наступании ледникового фронта на фоне общей дегляциации. Таким образом, моренные гряды ориентированы перпендикулярно направлению течения ледникового потока и являются хорошими индикаторами развития ледовых покровов в период таяния ледника [Ottesen and Dowdeswell, 2006; Dowdeswell et al., 2007].

На некоторых участках были обнаружены парные экзарационно-аккумулятивные структуры (hill-hole pairs), которые предположительно формируются при движении утонённого ледникового потока по подстилающим отложениям с неравномерным трением или промерзанием [Ottesen et al., 2005; Dowdeswell, 2016; Winsborrow et al., 2016]. По взаимному расположению депрессии и возвышенности обычно можно легко установить направление движения ледникового потока.

В результате картирования всех указанных форм рельефа в северной части Баренцева моря были обнаружены следы течения ледника в радиальных направлениях от юго-восточной части поднятия Персея (Storbanken), что свидетельствует о наличия в этом районе остаточного ледникового купола в период дегляциала. Полученные данные позволили локализовать центр этого купола с точностью до первых десятков километров, что для морских условий сделано впервые в Мире.

Вывод о расположении остаточного ледникового купола подтверждается также данными изучения мощностей современных морских осадков, выполненного в экспедиции с использованием профилографа. На восточной части поднятия Персея голоценовые морские осадки практически отсутствуют. Маломощный слой, представленный алевритистыми глинами, появляется на периферии поднятия и его мощность увеличивается при удалении от поднятия. Это наблюдение также позволяет сделать предположение, что юго-восточная часть поднятия Персея освободилась от ледникового покрова позже окружающих участков.

Заключение

Существование остаточного ледникового купола на юго-восточной части поднятия Персея является важным открытием, позволяющим уточнить и дополнить существующие модели развития баренцевоморского ледникового покрова. «Обнаруженный» в экспедиции TTR-20 купол не отражен в наиболее известных моделях [Svendsen et al., 2004; Hughes et al., 2016; Patton et al., 2017]. Новые данные должны привести к пересмотру и корректировке представлений об эволюции четвертичного оледенения в этой части Арктики.

Список литературы

Bjarnadóttir, L., Winsborrow, M., Andreassen., K. 2013. Deglaciation of the central Barents Sea. Quaternary Science Reviews. http://dx.doi.org/10.1016/j.quascirev.2013.09.012

Dowdeswell, J. A., Ottesen, D., Rise, L., and Craig, J., 2007. Identification and preservation of landforms diagnostic of past icesheet activity on continental shelves from threedimensional seismic evidence. Geology, 35(4), 359–362.

Dowdeswell, J., Canals, M., Jakobsson, M., Todd, B., Dowdeswell, E., Hogan, K.A. 2016. The variety and distribution of submarine glacial landforms and implications for ice-sheet reconstruction. Geological Society, London, Memoirs. 46. 519-552. 10.1144/M46.183.

Dowdeswell, J., Montelli, A., Akhmanov, G., Solovyeva, M., Terekhina, Y., Mironyuk, S., Tokarev, M. 2021. Late Weichselian ice-sheet flow directions in the Russian northern Barents Sea from high-resolution imagery of submarine glacial landforms. Geology, v. 49. https://doi.org/10.1130/G49252.1

Hughes, A. L. C., Gyllencreutz, R., Lohne, Ø. S., Mangerud, J., Svendsen, J. 2016 The last Eurasian ice sheets – a chronological database and time-slice reconstruction, Boreas, Vol. 45, pp. 1–45.

Jakobsson, M; Andreassen, K; Bjarnardóttir, L R; Dove, D; Dowdeswell, J A; England, J H; Funder, S; Hogan, K; Ingólfsson, Ó; Jennings, A; Krog-Larsen, N; Kirchner, N; Landvik, J Y; Mayer, L; Mikkelsen, N; Möller, Per; Niessen, F; Nilsson, J; O'Regan, M; Polyak, L; Nørgaard Petersen, N; Stein, R. 2014. Arctic ocean glacial history. Quaternary Science Reviews, 92, 40-67.

King, E.C., Hindmarsh, R.C. and Stokes, C.R., 2009. Mega-scale glacial lineations beneath a West Antarctic ice stream. Nature Geoscience, v. 2, p. 585-588.

Ottesen, D., Dowdeswell, J.A. and Rise, L., 2005. Submarine landforms and the reconstruction of fast-flowing ice streams within a large Quaternary ice sheet: The 2500-km-long Norwegian-Svalbard margin (57-80°N). Geological Society of America Bulletin, v. 117, p. 1033-1050.

Ottesen, D. and Dowdeswell, J.A., 2006. Assemblages of submarine landforms produced by tidewater glaciers in Svalbard. Journal of Geophysical Research: Earth Surface, 111.

Patton, H., Andreassen, K., Bjarnadottir, L., Dowdeswell, J.A., Winsborrow, M., Noormets, R., Polyak, L., Auiriac, A. and Hubbard, A., 2015. Geophysical constraints on the dynamics and retreat of the Barents Sea Ice Sheet as a palaeo-benchmark for models of marine ice-sheet deglaciation. Reviews of Geophysics, v. 53, p. 1051-1098.

Patton, H., Hubbard, A., Andreassen, K., Auriac, A., Whitehouse, P., Stroeven, A., Shackleton, C., Winsborrow, M., Heyman, J., Hall, A. 2017. Deglaciation of the Eurasian ice sheet complex. Quaternary Science Reviews. 169. 148-172. 10.1016/j.quascirev.2017.05.019.

Spagnolo, M., Clark, C. D., Ely, J. C., Stokes, C. R., Anderson, J. B., Andreassen, K., Graham, A. G., and King, E. C., 2014. Size, shape and spatial arrangement of megascale glacial lineations from a large and diverse dataset. Earth Surface Processes and Landforms, 39(11), 1432–1448.

Svendsen, J., Alexanderson, H. Astakhov, V., Demidov, I., Dowdeswell, J., Funder, S., Gataullin, V., Henriksen, M., Hjort, C., Houmark-Nielsen, M., Hubberten, H.-W., Ingólfsson, Ó., Jakobsson, M., Kjaer, K., Larsen, E., Lokrantz, H., Lunkka, J., Lysså, A., Mangerud, J., Stein, R. 2004. Late Quaternary ice sheet history of Northern Eurasia. Quaternary Science Reviews. 1229-1271.

Winsborrow, M., Andreassen, K., Hubbard, A., PlazaFaverola, A., Gudlaugsson, E., and Patton, H., 2016. Regulation of ice stream flow through subglacial formation of gas hydrates. Nature Geoscience, (pp. 1–6).

УДК 550.8

ПРИЗНАКИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ НА ДАННЫХ 2D/3D СТАНДАРТНОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ В УСЛОВИЯХ ПРЕДЕЛЬНОГО МЕЛКОВОДЬЯ ШЕЛЬФА ПЕЧОРСКОГО МОРЯ

SIGNS OF GEOLOGICAL HAZARDS BASED ON 2D / 3D DATA OF STANDARD SEISMIC SURVEY IN EXTREME SHALLOW WATER CONDITIONS OF THE PECHORA SEA SHELF

Терехина Я.Е.[1], Хлебникова О.А.[1], Соловьева М.А.[1], Токарев М.Ю.[1], Гончарова А.М.[2], Горбачев С.В.[3], Гурвич Л.А.[3], Мятчин О.М.[3], Нурмухамедов Т.В.[3]
[1]Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
[2]ООО «Арктический научный центр»
[3]ООО «РН-Шельф-Арктика»

Terekhina Ya.E.[1], Khlebnikova O.A.[1], Solovyeva M.A.[1], Tokarev M.Yu.[1], Goncharova A.M.[2], Gorbachev S.V.[3], Gurvich L.A.[3], Myatchin O.M.[3], Nurmukhamedov T.V.[3]
[1] Lomonosov Moscow State University
[2]Arctic Research Center LLC
[3]RN-Shelf-Arctic LLC

Введение

Существует широкий спектр опасных и неблагоприятных процессов и явлений для установки и эксплуатации инженерных сооружений на шельфах, для изучения которых проводятся специальные инженерно-геологические изыскания (ИГИ). Специальная обработка и интерпретация данных 2D и 3D на этапе, предшествующем планированию ИГИ, позволяет обнаружить и закартировать особенности верхней части разреза и выбрать наиболее оптимальную зону для проведения ИГИ.

Цель работы заключалась в выявлении геологических опасностей для размещения нефтегазопромысловых сооружений и проводки скважин в пределах всего шельфа Печорского моря. Для этого был проанализирован значительный объем данных стандартной 2D/3D сейсморазведки, для заверки результатов использовались материалы инженерных изысканий.

Данные и методы

Для проведения настоящего исследования компанией ПАО НК «Роснефть» был предоставлен широкий спектр данных (материалы сейсморазведки 3D/2D, СВР, ВЧ НСАП, НЧ НСАП, МЛЭ, ОЛЭ, ГЛБО, ГМС (гидромагнитная съемка), бурения, пробоотбора и статического зондирования). Также в рамках работ было переобработано 3000 п.км и 950 кв.км 2D и 3D стандартной сейсморазведки для улучшения качества данных в области верхней части разреза (ВЧР) (0-10 м, 0-100 м, 0-1000 м по грунту) (*Терехина и др., 2021*).

Полученные результаты

В результате детального анализа всех полученных материалов были выявлены и описаны признаки, позволяющие идентифицировать опасные геологические объекты и явления (ОГПиЯ) в ВЧР на данных стандартной сейсморазведки в условиях предельного мелководья.

Палеоврезы

С палеоврезами связана латеральная изменчивость литологического состава грунтов, что может оказать негативное влияние на устойчивость буровых сооружений. Кроме того, проход бурильной колонной разуплотненных отложений, заполняющих врезы, может сопровождаться «вывалами» грунта и загрязнением ствола скважины. На некоторых интервалах возможно повышенное поглощение бурового раствора.

Наиболее отчетливо приповерхностные палеоврезы проявляются на амплитудных слайсах и картах атрибутов, рассчитанных по сейсмограммам. Большинство приповерхностных палеоврезов образуют вытянутые аномальные области северо-западного простирания, которые уверенно прослеживаются на амплитудных слайсах (Рисунок 1).

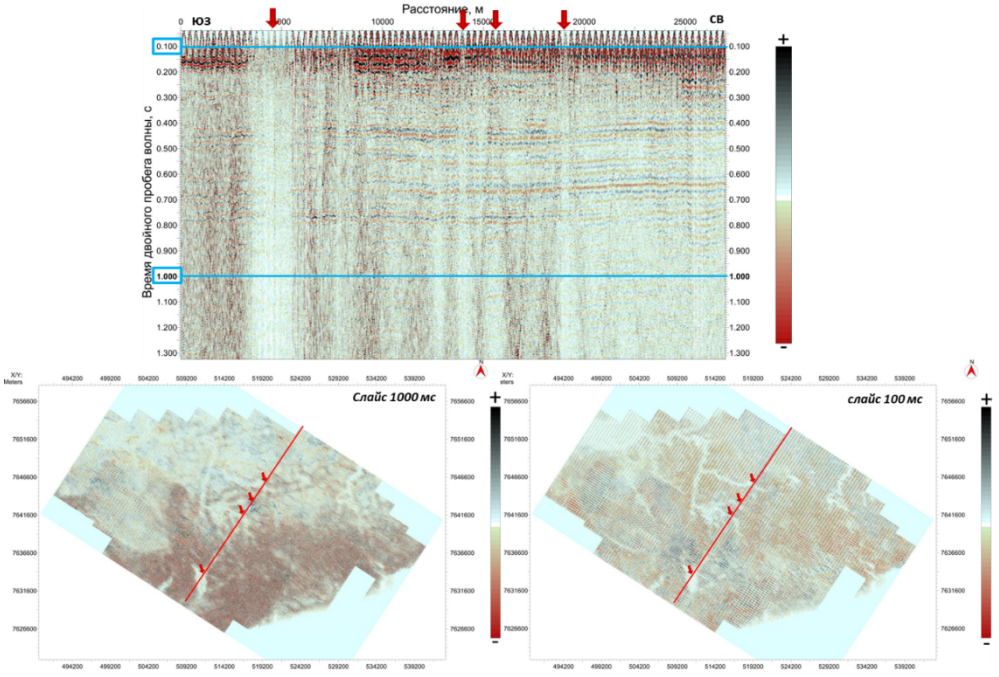


Рисунок 1 Профиль (вверху) и горизонтальные амплитудные слайсы на 1000 мс (слева) и 100 мс (справа) на исследуемой площади. Красными стрелками отмечено положение палеоврезов

Интересной особенностью палеоврезов на исследуемой площади является их разное проявление на картах частотных атрибутов в некоторых диапазонах частот. Например, в полном частотном диапазоне (0-250 Гц) палеоврезы характеризуются примерно одинаковыми значениями атрибута пиковой частоты (Рисунок 2). При анализе того же атрибута в узком низкочастотном диапазоне (0-40 Гц) проявляется сильная неоднородность палеоврезов как вдоль тальвегов (Рисунок 2, синие стрелки), так и в поперечном направлении (Рисунок 2, красные стрелки). Наиболее крупный палеоврез в северо-западной части площади окаймлён с юга полосой с очень низкими значениями атрибута. Такая особенность может быть вызвана неравномерной глубиной палеоврезов, изменением свойств осадка, заполняющих палеоврезы, или повышенным газонасыщением на некоторых участках.

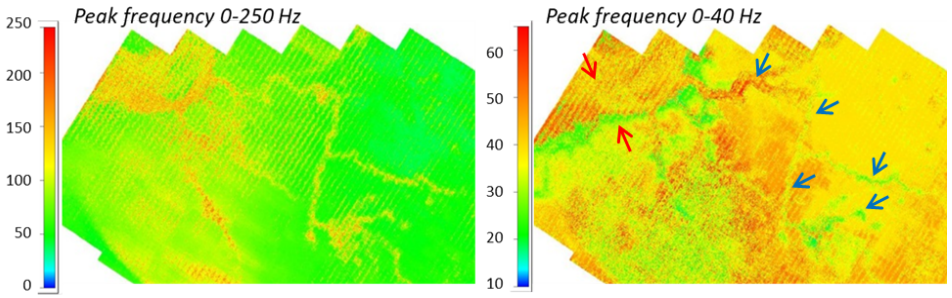


Рисунок 2 Фрагменты карт атрибута Peak frequency в полном диапазоне частот (слева) и в низкочастотном спектре (справа). Стрелками показаны палеоврезы (см. описание в тексте)

Верификация палеоврезов, выделенных на основе атрибутного анализа данных 3D, выполнялась путём сопоставления с разрезами и картами опасностей в пределах площадок ИГИ и с региональными профилями СВР. При сопоставлении контуров палеоврезов с контурами опасностей, выделенных по данным ИГИ, видно почти полное совпадение с контурами участков распространения газонасыщенных отложений (Рисунок 3, верхняя часть). На амплитудных разрезах по данным ССВР в этих зонах выделяются фрагменты высокоамплитудных рефлекторов с обратной полярностью, ниже которых наблюдаются эффекты прогибания и частичного экранирования отражающих горизонтов (Рисунок 3, нижняя часть). Однако их вогнутая форма и распространение в плане не противоречит их интерпретации в качестве палеоврезов, заполненных газонасыщенными осадками. Это позволяет предполагать заполнение газонасыщенными отложениями всех палеоврезов в пределах этой сети, по крайней мере, отображённых на рисунке ниже (Рисунок 3).

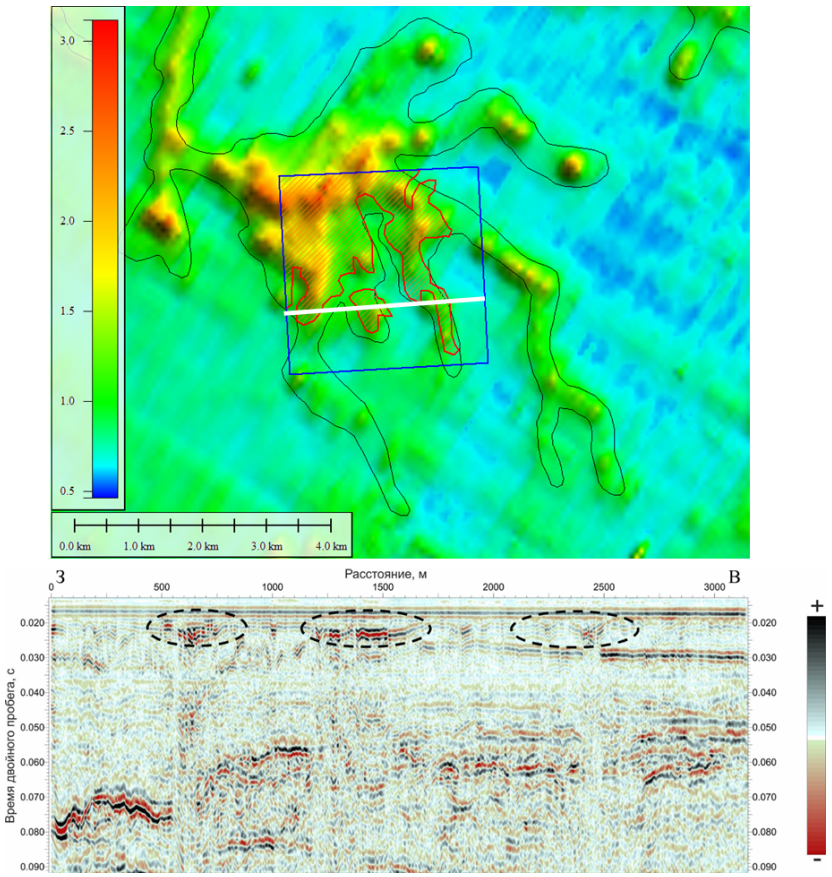


Рисунок 3 Вверху - сопоставление контуров палеоврезов, выделенных по результатам атрибутного анализа данных 3D (чёрные контуры), и контуров газонасыщенных осадков,

выделенных по результатам анализа данных ИГИ (красные контуры) в пределах площадки ИГИ (синий квадрат). Белой линией показано положение профиля 1333. Внизу – профиль 1333. Чёрными овалами показаны аномалии, связанные с наличием газонасыщенных осадков.

Газонасыщение

Одной из самых распространённых опасностей являются интервалы повышенного газонасыщения. При помощи комплексирования амплитудного атрибута по съемке 3D, рассчитанного по сейсмограммам в окне [дно – 100 мс] в частотном диапазоне 0-40 Гц, с отражением от дна, полученным по методике 2D, были выявлены зоны с возможным повышенным газонасыщением осадка в ВЧР. Также по характерной волновой картине выделены области с преобладанием нормального типа разреза (Рисунок 4).

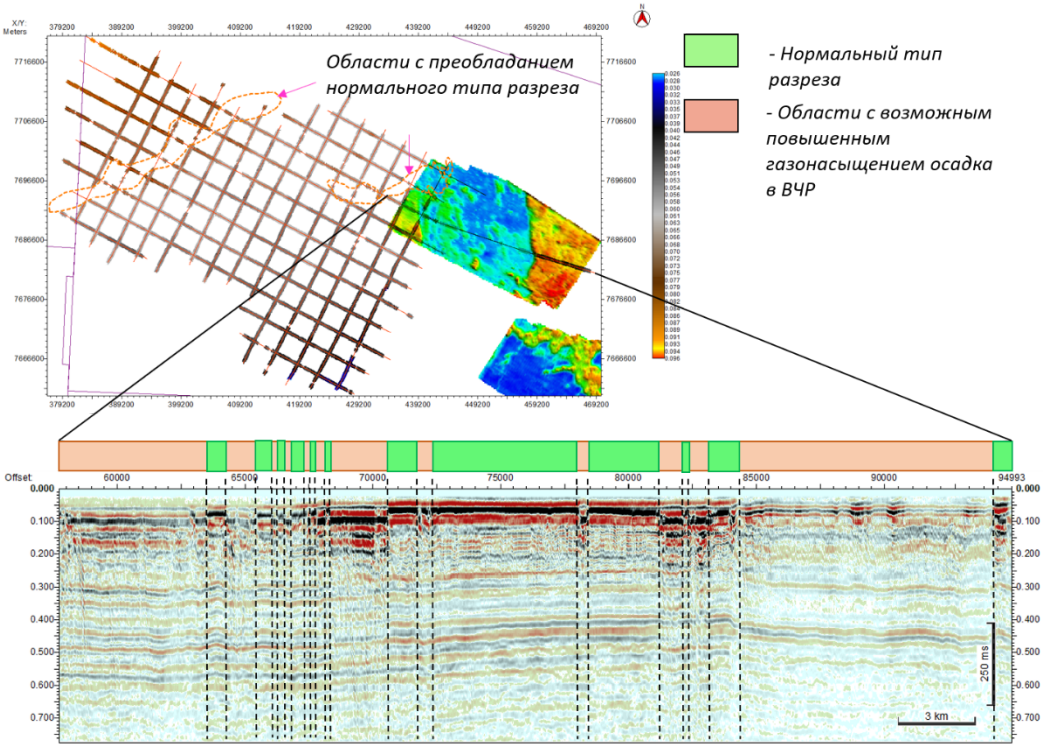


Рисунок 4 Области с возможным повышенным газонасыщением осадка в ВЧР, выделенные с помощью комплексирования 2D и 3D.

Сейсмическая инверсия и AVO-анализ – путь к количественному описанию характеристик среды (акустических, упруго-прочностных, петрофизических). При наличии сейсмических материалов в различных частотных диапазонах необходимо последовательное применение инверсионных преобразований (*Токарев и др., 2020*). В данном проекте были реализованы количественные оценки данных 2D СР и СВР.

Многолетнемерзлые породы

Отложения мерзлых грунтов проявляются в волновом поле, как области в верхней части разреза, обладающие интенсивной амплитудой на сейсмическом разрезе. Наблюдается существенное загибание вверх осей синфазности под аномалией. Этот ложный эффект обусловлен присутствием в разрезе высокоскоростной неоднородности в верхней части разреза (*Миронюк, Росляков, 2021, Колюбакин и др., 2017*). При погружении подошвы такой неоднородности, другими словами, при увеличении ее мощности, скоростная аномалия становится более выраженной.

Посткриогенные деформации

В центральной части площади исследования «Поморский кластер» обнаружены следы посткриогенных деформаций, которые проявляются на амплитудных слайсах в виде серий субпараллельных узких объектов. Под посткриогенными деформациями понимаются деформации грунтов, происходившие в процессе деградации многолетней мерзлоты, удаления из разреза льда и значительного уменьшения объема грунтового массива. При этом изменение объема и степень деформаций определяется изначальной льдистостью грунтов – чем она была выше, тем более значительные изменения претерпевает грунтовый массив в процессе и после протаивания (*Миронюк, Росляков, 2021*).

Заключение

Результаты исследования демонстрируют возможность выявления и картирования особенностей верхней части разреза на предельном мелководье, с привлечением материалов стандартной 2D/3D сейсморазведки, полученных с использованием как донного, так и буксируемого оборудования.

В результате работ были обнаружены и идентифицированы следующие виды геологических опасностей: палеоврезы, газонасыщенные грунты, многолетнемерзлые породы, посткриогенные деформации. Выявленные особенности и закономерности могут быть использованы при дальнейшем территориальном планировании.

Комплексный подход к выявлению ОГПиЯ требует применения как «качественного», так и «количественного» анализа геолого-геофизических данных и последующего поэтапного уточнения выдвинутых предположений при детализации работ.

Список литературы

1. Колюбакин А.А., Росляков А.Г., Миронюк С.Г., Пирогова А.С., Токарев М.Ю., Ксенофонтова М.А. Изучение приоритетных геологических опасностей при подготовке к поисково-разведочным работам на шельфе моря Лаптевых // Инженерные изыскания, 2017. № 10. С. 36–52. DOI 10.25296/1997-8650-2017-10-36-52

2. Миронюк С. Г., Росляков А. Г. Мерзлые грунты шельфа арктических морей: подходы к обнаружению и изучению // Фундаменты, 2021. № 1. С. 17–21.

3. Терёхина, Я. Е., Соловьева, М. А., Хлебникова, О. А., Токарев, М. Ю., Горбачев, С. В., Нурмухамедов, Т. В., Мятчин, О. М. Особенности интерпретации 2d/3d сейсмических данных для решения инженерно-геологических задач на мелководье Печорского моря // Геоевразия 2021. Современные методы изучения и освоения недр Евразии. Труды Международной геолого-геофизической конференции, 2021. Т. 1.

4. *Токарев М.Ю., Пирогова А.С., Терёхина Я.Е., Половков В.В., Потемка А.К.* Количественный анализ данных инженерной сейсморазведки для характеристики субаквальной криолитозоны в условиях мелководного арктического шельфа // VIII Международная научно-техническая конференция "Освоение ресурсов нефти и газа российского шельфа: Арктика и Дальний Восток", Москва, Газпром ВНИИГАЗ, 2020

УДК 550.3

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ПОСТ-ГЛЯЦИАЛЬНОГО ОСАДОЧНОГО РАЗРЕЗА В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО МАТЕРИАЛАМ TTR-20)

POST-GLACIAL SEDIMENTARY SUCCESSION IN THE NORTHERN BARENTS SEA (TTR-20 DATA REPORT)

Пятилова Анна Михайловна[1], Ахманов Григорий Георгиевич[1], Соловьева Марина Андреевна[1], Сергеев Андрей Андреевич[2]

[1] Московоский государственный университет имени М. В. Ломоносова

[2] ООО «СПЛИТ»

Piatilova Anna Mikhailovna[1], Akhmanov Grigory Georgievich[1], Soloveva Marina Andreevna[1], Sergeev Andrey Andreevich[2]

[1] Lomonosov Moscow State University

[2] OOO “Split”

Исследования строения верхней части разреза российского арктического шельфа является крайне важной задачей. Северо-восточная часть Баренцевоморского шельфа является мало изученной, а потому новые данные о строении данного участка являются весьма актуальными и перспективными. Экспедиция Плавучего Университета (рейс TTR-20) проводилась в северной части шельфа Баренцева моря в сентябре-октябре 2021 года на НИС «Академик Николай Страхов» (рис. 1а). За период исследований были выполнены геолого-геофизические наблюдения на 9 полигонах, названных участниками экспедиции по именам древнегреческих муз. Данная работа посвящена геофизическим исследованиям на одном из полигонов – «Урания» - в юго-западной части района работ экспедиции.

На полигоне «Урания» проводились исследования (Рис. 1б) с использованием многолучевого эхолота (на частоте 100 кГц), профилографа (на частоте 6 кГц), сейсмоакустические исследования высокого разрешения с электроискровым источником «спаркер» (на частоте 250 Гц). Выполнен вертикальный профиль скорости звука в водной толще и выполнен пробоотбор в одной станции.

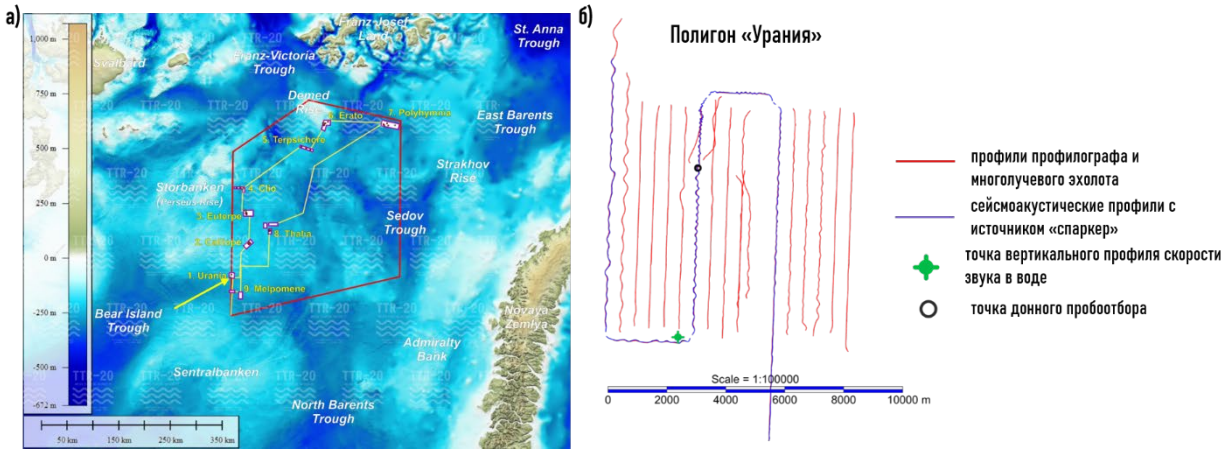


Рис. 1. а) Район работ экспедиции TTR-20 (выделен красным многоугольником). Желтая стрелка указывает на рассматриваемый в данной работе полигон «Урания»; б) схема профилей, выполненных на полигоне «Урания»

Анализируя сейсмоакустические данные высокого разрешения (рис. 2) следует отметить полого залегающую в южном направлении моноклинальную серию, в северной части осложненную разрывными нарушениями. В верхней части с угловым несогласием данная толща перекрыта четвертичными ледниковыми и морскими осадками. Следует отметить, что отчетливо выделяемые на данных профилографа валы хорошо идентифицируются в рельефе и на данных сейсмоакустики. Данные структуры являются моренными отложениями, характеризующимися хаотичным типом волновой картины и перекрытые сверху морскими отложениями.

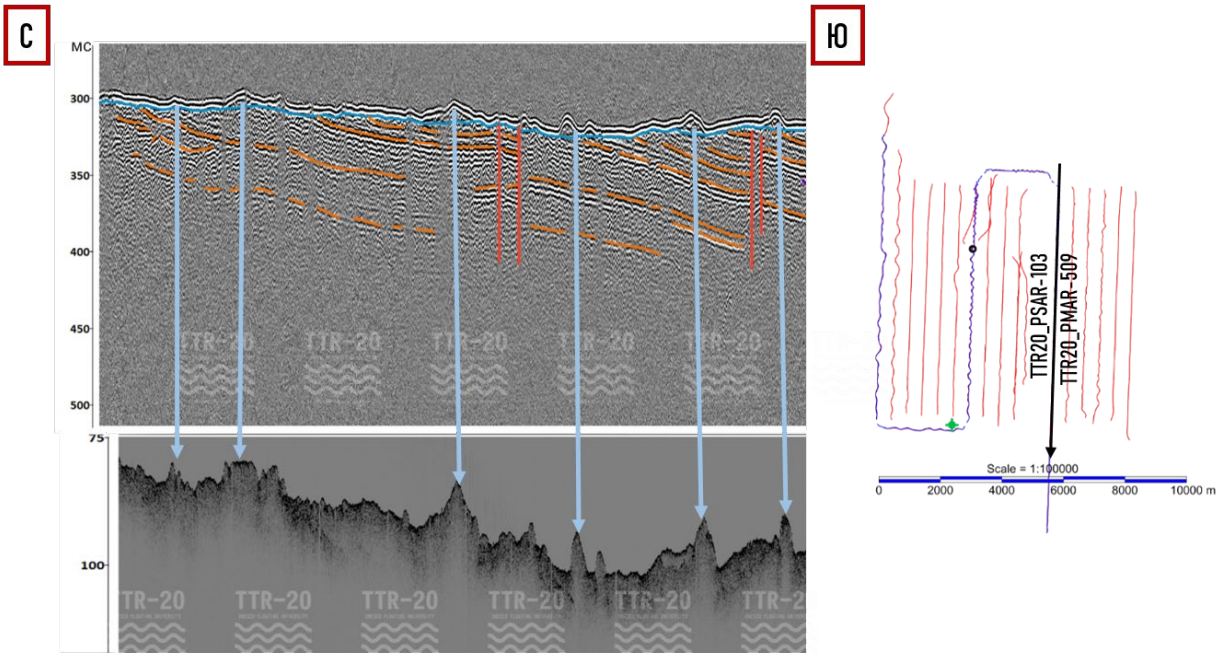


Рис. 2. Фрагмент сейсмограммы, полученной при сейсмоакустических наблюдениях высокого разрешения по профилю TTR20_PSAR-103 (сверху) и акустических данных, полученных с использованием профилографа по профилю TTR20_PMAR-509 (снизу). Голубыми стрелками указаны моренные валы, хорошо выделяемые на акустических данных разного типа. Справа показано положение профилей

Следует отметить, что в целом для района работ характерно площадное распространение морских отложений, перекрывающих фундамент. При этом ледниковые отложения представлены весьма фрагментарно.

При анализе данных съемки многолучевым эхолотом на батиметрических картах выделяются различные формы ледникового рельефа. На рис. 3а представлены следы айсбергового выпахивания, представленные протяженными линейными углублениями в морском дне. Максимальные глубины до 2-х метров. Данные формы образуются под воздействием килевой части айсберга, и могут свидетельствовать о направлении перемещения айсбергов, двигаемых в основном течениями и ветрами.

Айсберговые ямы (рис. 3б) формируются в случаях, когда айсберг не может сойти с места и утыкается в дно. Такие изометричные ямы встречаются глубиной от 4 до 10 м в разных частях полигона.

Кроме того, на полигоне выявлена изометричная и асимметричная яма (рис. 3в), предположительно также айсбергового происхождения с относительной глубиной около 5 м.

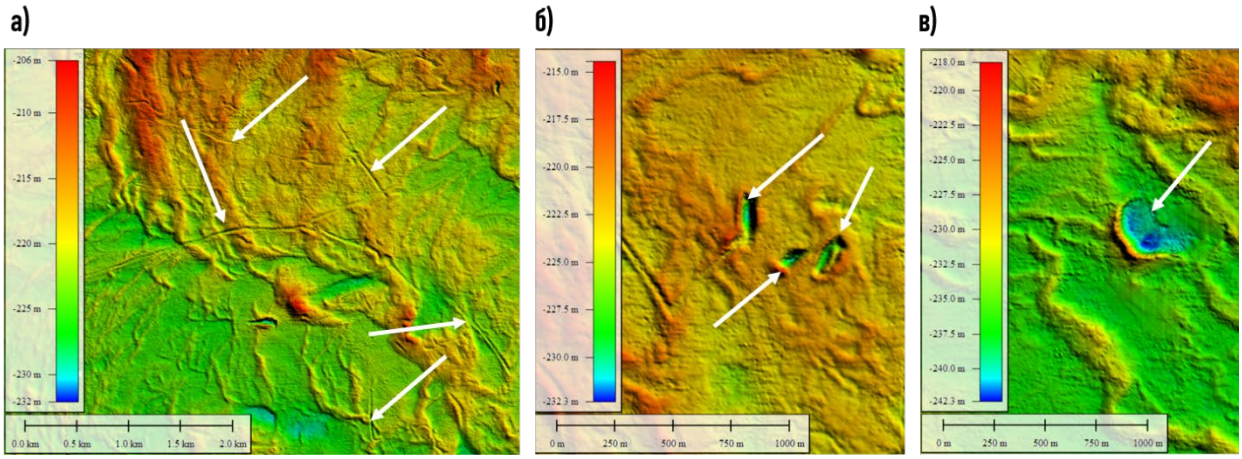


Рис 3. Фрагменты батиметрической карты. Белыми стрелками показаны объекты: а) следы айсбергового выпахивания; б) айсберговые ямы в) асимметричная айсберговая яма

Повсеместно в пределах полигона «Урания» распространены моренные гряды. В северо-восточной части полигона выявлены угловатые в плане и небольшие по размерам структуры, ориентированные в одном направлении, высотой до 2 м, шириной до 100 м, протяженностью вдоль всей линии гряды не более 500 м. Данные структуры не являются типичными и не встречаются более в районе работ.

В остальной части полигона хорошо определяются моренные гряды, являющиеся моренами Де Гира. Это достаточно протяженные структуры, длиной до 4 км, шириной от 100 до 400 м, высотой 8-9 м. Образование таких морен связывают с сезонной пульсацией (быстрые периодические наступание и отступание) ледника, а также с наличием субпараллельных трещин в основании ледника, где собирается моренный материал, который отлагается в виде валов при последующем таянии льда.

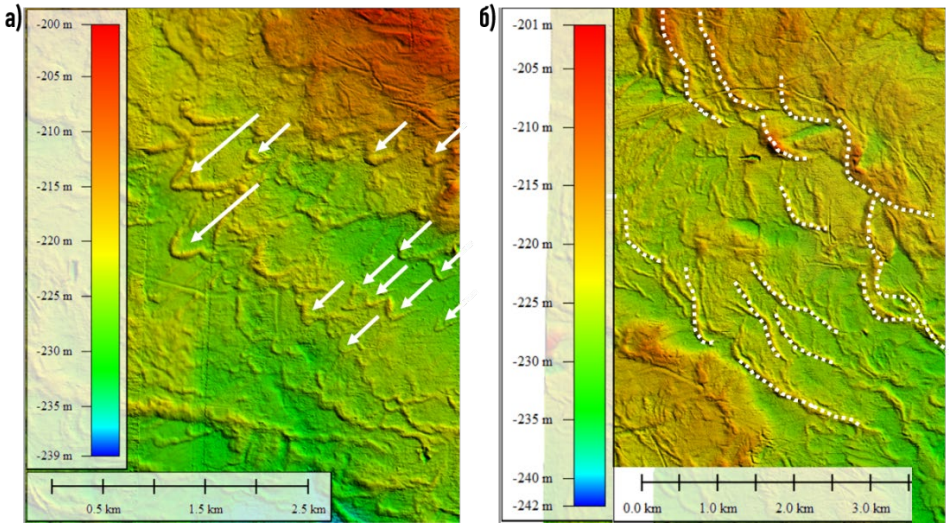


Рис. 4. Фрагмент батиметрической карты полигона: а) стрелки указывают на угловатые моренные гряды небольших размеров б) пунктирными линиями показаны моренные гряды

По направлению выпуклости данных моренных гряд стоит предположить о направлении движения ледника в юго-западном направлении. Сопоставляя эти данные с

данными, полученными в рейсе TTR-19 (Dowdeswell et al., 2021) (рис.5), можно сделать вывод, что предполагаемый ранее путь движения ледника вполне соотносится с полученными данными.

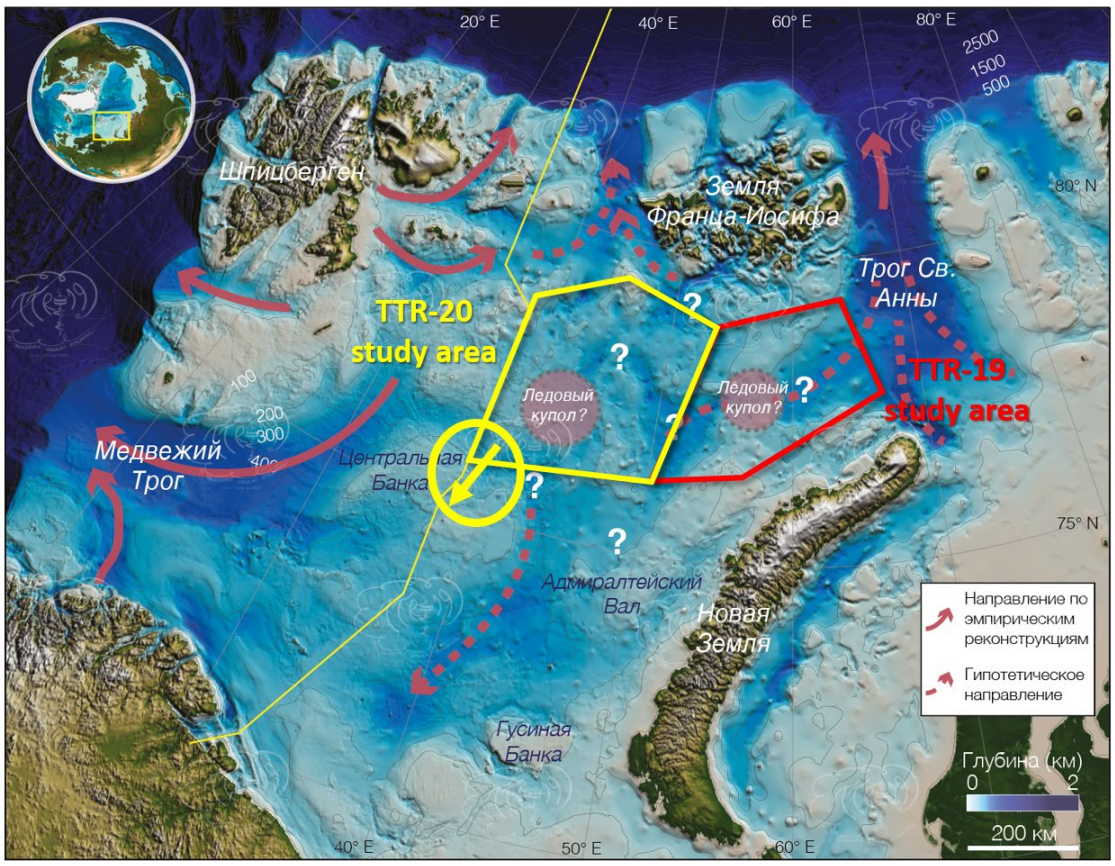


Рис. 5. Сопоставление полученных данных в рейсах TTR-19 (Dowdeswell et al., 2021) и TTR-20. Красными стрелками обозначены направления движения ледника по данным рейса TTR-19. Желтой стрелкой – по данным рейса TTR-20.

Литература:

Julian A. Dowdeswell, Aleksandr Montelli, Grigorii Akhmanov, Marina Solovyeva, Yana Terekhina, Sergey Mironyuk and Mikhail Tokarev. Late Weichselian ice-sheet flow directions in the Russian northern Barents Sea from high-resolution imagery of submarine glacial landforms. Geology, vol.49, 2021. https://doi.org/10.1130/G49252.1

УДК 551.468

УРОВНИ И ПРИРОДА УГЛЕВОДОРОДОВ В ВОДЕ И ОСАДКАХ РОССИЙСКОГО СЕКТОРА ЧЕРНОГО МОРЯ

LEVELS AND NATURE OF HYDROCARBONS IN WATER AND SEDIMENTS OF THE RUSSIAN SECTOR OF THE BLACK SEA

Немировская Инна Абрамовна, Завьялов Петр Олегович, Храмцова Анастасия Владимировна

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук

Nemirovskaya Inna Abramovna, Zavialov Petr Olegovich, Khramtsova Anastasia Vladimirovna

Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences

Введение

Объем транспортировки нефти танкерами в Черном море оценивается коло 150 млн. т/год. Здесь осуществляется экспорт 23% всего российского «черного золота», 74 % казахстанского и 65 % нефтяного экспорта Азербайджана. С учетом удельной аварийной потери 30 т на 1 млн. т перевозимой нефти, суммарный объем аварийных разливов при штатных операциях будет составлять около 4500 т/год. При этом следует ожидать ежегодно один разлив объемом более 140 т и 0.2 разлива объемом 5000 т. Аварийные потери надо, как минимум, удвоить за счет сопутствующих источников поступления нефти в морскую среду, таких как потери при операциях с балластными водами, при погрузке и разгрузке в портах и регламентированными сбросами нефтесодержащих отходов. Поэтому ежегодный поток нефти при всех видах ее потерь при танкерных перевозках в Черном море можно принять равным около 9000 т. С целью оценки загрязненности нефтепродуктами прибрежных районов российского сектора Черного моря проводили определение уровней и состава углеводородов (УВ) в воде и донных осадках в районе Большого Сочи, Туапсе, Феодосийском заливе и Керченском проливе.

Данные и методы

Материал для исследования был собран в районе Большого Сочи (2013–2015 гг.), Феодосийском заливе (2015–2017 гг.), в акватории Туапсе (2018 г.), в Керченском проливе (2019–2021 гг.). Взвесь и липиды (суммарная фракция) выделяли фильтрацией на стекловолокнистые фильтры GF/F, верхний слой донных осадков отбирали дночерпателем «Океан». Из проб взвесей и высушенных при 50^0С проб донных осадков (фракция 0.25–0.5 мм) на ультразвуковой бане «Сапфир» метиленхлоридом экстрагировали липиды. Концентрацию липидов (до колоночной хроматографии) и УВ (после колоночной хроматографии) определяли ИК-методом, суммарное содержание ПАУ – флуоресцентным; содержание, состав алканов – методом газовой хроматографии, состав ПАУ – методом высокоэффективной жидкостной хроматографии, $C_{орг}$ – методом сухого сожжения.

Результаты исследований.

Главная трудность при интерпретации данных о нефтяном загрязнении моря, особенно при низких уровнях УВ, связана с существованием кроме антропогенных природных источников их поступления в морскую среду. К их числу относятся: процессы

жизнедеятельности и метаболизма морских организмов, которые сопровождаются биосинтезом УВ. Кроме того значительный вклад в общий углеводородный баланс вносит природное поступление нефти при высачивании УВ из осадочной толщи, включающее грязевый вулканизм, природные флюиды газа и газогидраты.

В прибрежном районе Большого Сочи наиболее высокие концентрации УВ в поверхностных водах установлены в мае 2013 г.: 19–675 мкг/л. В районе впадения р. Мзымта максимальная концентрация составила 238 мкг/л, в среднем 78 мкг/л, 1.6 ПДК (для нефтяных УВ в воде ПДК=50 мкг/л). По модели, предложенной академиком А.П. Лисицыным [Lisitzin, 1994]., область смешения речных и морских вод (маргинальный фильтр), состоит из трех основных зон,: гравитационная, физико-химическая и биологическая. В гравитационной зоне, из-за подпора речных вод морскими, происходит осаждение песчано-алевритовых фракций, а в физико-химической – захват коллоидов и растворенных соединений (зона флоккуляции и коагуляции). После осаждения различных соединений с просветлением воды развивается фитопланктон и возникает биологическая зона. На геохимическом барьере р. Мзымта – Черное море содержание УВ в поверхностных водах уменьшалось в 6 раз при переходе от речных вод к морским. Распределение УВ подчинялось закономерностям маргинального фильтра и коррелировало с содержанием взвеси – r=0.95 (n=13). В гравитационной зоне с выпадением крупных частиц взвеси происходило наиболее резкое снижение содержания УВ. «Потери» в их концентрациях достигали 74%. В физико-химической зоне (S=1.5 епс) в процессах флоккуляции и коагуляции содержание УВ достигало 80 мкг/л. В биологической зоне (S=13.5 епс) с просветлением воды и образованием фитопланктона также наблюдался рост концентраций УВ, но в меньшей степени, чем в других зонах маргинального фильтра − до 60 мкг/л.

Наиболее высокие концентрации УВ в этом районе установлены в водах р. Битха (32–675 мкг/л, в среднем 127 мкг/л, n=7), протекающей по полигону отходов. Последнее, вызвало резкое загрязнение её вод органическими (в 15 раз выше фона), биогенными веществами (силикатами в 18 раз и аммиачным азотом – в 40 раз выше фона). Далее, при разбавлении речных вод морскими, содержание УВ постепенно уменьшалось. Однако на мористых станциях разреза уровень УВ остался достаточно высоким 38–53 мкг/л. В мае 2014 г., после окончания олимпийской стройки, содержание УВ в поверхностных водах этого района снизилось в среднем в 1.6 раз (до 39 мкг/л), а взвеси – примерно в 3 раза (до 4.2 мг/л).

В Феодосийском заливе в мае 2015 г. концентрации УВ поверхностных водах изменялись от 14 до 90 мкг/л, в среднем 35 мкг/л. В мае 2016 г. содержание УВ увеличилось почти в 2 раза (16–179 мкг/л, в среднем 64 мкг/л), превышая на многих станциях уровень ПДК. Высокие значения были отмечены у м. Чауда, в центральной части Феодосийского залива, в районе нефтебазы, рейдовых причалов в г. Феодосия и в открытой части залива у м. Киик-Атлама. В сентябре 2016 г. пространственное распределение УВ осталось прежним, но концентрации незначительно снизились, что связано с деструкцией УВ при повышении температуры воды.

В мае 2017 г. содержание УВ уменьшилось до фоновых значений для открытых морских акваторий – 20 мкг/л, что, согласно спутниковым данным, обусловлено менее интенсивным поступлением азовоморских вод в Феодосийский залив. Синхронно с уменьшением уровня УВ понизилось количество хлорофилла и взвеси. Состав алканов поверхностных вод только на ст. 3 у м. Чауда (2016 г.) и на ст. 9 (2017 г.) характеризовался плавным распределением гомологов в низкомолекулярной области (рис. 1б), что соответствует выветренным нефтяным УВ. Также на это указывает индекс нечетности CPI≈1 ($CPI=\sum C_{нечетные}/\sum C_{четные}$).

Максимумы при н-C_{18} и пониженные значения отношения низко- к высокомолекулярным гомологам L/H=0,3-0,5 (L/H=$\sum(C_{10}–C_{24})/\sum(C_{25}–C_{40})$). В 2017 г. при фоновых концентрациях доля УВ в составе липидов в среднем составляла 27%. На всех станциях в высокомолекулярной области доминировали нечетные алканы н-C_{25}–C_{31}, что указывает на смешанное происхождение УВ с доминированием терригенных гомологов.

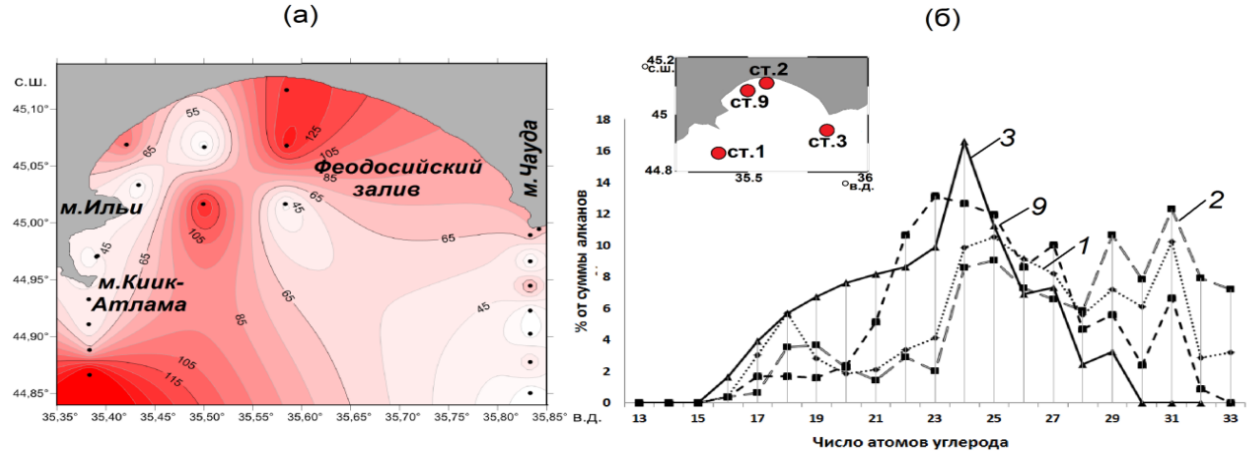


Рис. 1. Распределение концентраций УВ в поверхностных водах Феодосийского залива в мае 2016 г. (а) и состав алканов поверхностных вод на различных станциях (б); на вставке – расположение станций.

Донные отложения в Феодосийском заливе в основном были представлены песчано-алевритовым илом. Высокие концентрации УВ были отмечены в районе Феодосийского порта в осадках с повышенной долей илистой фракции (80 мкг/г в 2015 г; 56 мкг/г в 2016 г). В песчано-ракушечных отложениях с малой сорбционной способностью у м. Чауда концентрации УВ в 2015–2017 гг. изменялись в интервале 17–37 мкг/г, что превышает фоновый уровень для грубодисперсных осадков (10 мкг/г).

Состав алканов донных отложений имел бимодальное распределение гомологов с максимумами в низкомолекулярной области н-C_{17} и н-C_{21}, имеющих автохтонное фитопланктонное и микробиальное происхождение. В высокомолекулярной области преобладали нечетные терригенные гомологи н-C_{25}–C_{31}. Доминирование аллохтонных УВ приводит к тому, что в составе алканов донных осадков по сравнению с поверхностной взвесью уменьшается отношение L/H (до 0,1) и увеличиваются значения CPI (до 3,8).

В Керченском проливе в поверхностных водах установлены наиболее высокие концентрации УВ установлены, где в апреле 2019 г. они изменялись в интервале 110–160 мкг/л, а в Феодосийском заливе – 70–110 мкг/л. Было замечено некоторое снижение содержания УВ к сентябрю 2019 г. (55–138 мкг/л). Однако, даже при наиболее низких концентрациях, они превышали ПДК для нефтяных УВ. В июле 2020 также выделялась область высоких значений непосредственно в Керченском проливе, где установлена максимальная концентрация УВ – 259 мкг/л.

Содержание ПАУ во взвеси поверхностных вод Керченского пролива изменялось от 11 до 20 нг/л. В их составе доминировали пирогенные соединения – флуорантен (ФЛ) и пирен (П), которые характерны для продуктов горения различных видов топлива. Отношение ФЛ/П изменялось незначительно (1.32–1.72), и указывало на свежее загрязнение, так как в пробах, трансформированных ПАУ это отношение должно быть >4, а отношение фенантрен/антрацен (Ф/Ан) – 8.8 до 19.2 может указывать на влияние нефтяных загрязнений в водах пролива, так как при значениях >10 оно маркирует нефтяные УВ.

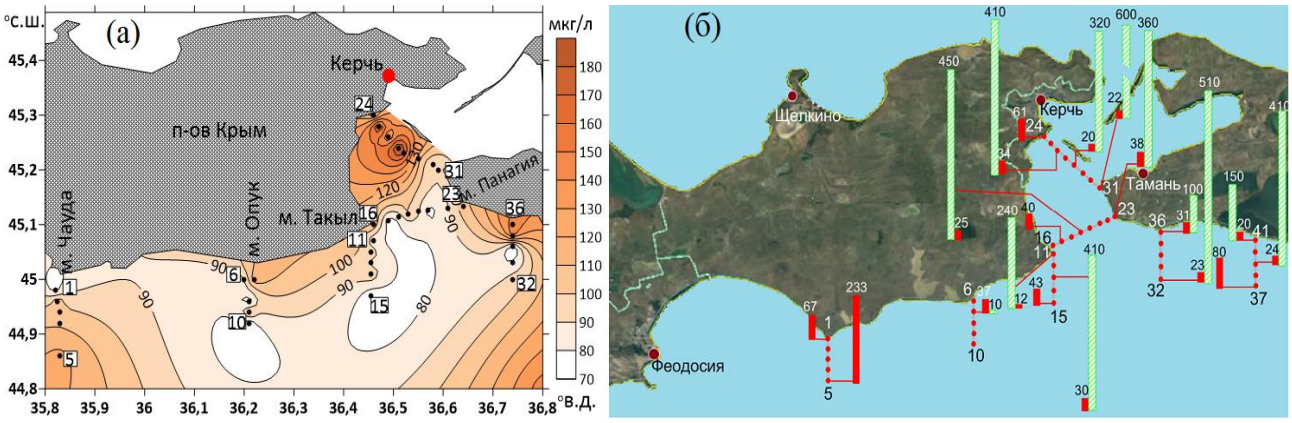


Рис. 2. Распределение в июле 2020 г. концентраций (а) – УВ в поверхностных водах, (б) – УВ и ПАУ в поверхностном слое донных осадков.

В составе ПАУ в низкомолекулярной области выделяется пик 2-метилнафталина, характерный для нефтяных полиаренов. Среди 5-ти кольчатых ПАУ доминировали ФЛ и П, поступающие при сгорании топлива. Более высокие концентрации ФЛ могут указывать на трансформацию состава ПАУ в поверхностных водах. Напротив, в донных осадках Керченского пролива содержание УВ и ПАУ было ниже, чем в других прибрежных районах моря, так как осадки этого района состоят из песчаных, ракушечных и галечных отложений, а распределение органических веществ зависит от гранулометрического типа осадка. Поэтому наблюдалась зависимость в распределении $C_{орг}$ и влажности осадков с высоким коэффициентом корреляции: r=0.86, а также между распределением $C_{орг}$ и УВ, которые в разные сезоны, соответственно составили 0.79 и 0.85, что, скорее всего, обусловлено быстрой трансформацией нефтяных УВ. Наиболее высокие концентрации УВ наблюдались так же, как и в воде, непосредственно в Керченском проливе. В июле 2020 г. увеличивалась доля УВ в составе $C_{орг}$ (1.2–2.4%). Быстрая деградация нефтяных УВ, особенно алифатических, приводит к тому, что как в Феодосийском заливе, так и в Керченском проливе согласно конфигурациям спектров и значениям молекулярных маркеров, алканы имели смешанный, преимущественно терригенный генезис.

В итоге необходимо отметить, что высокие концентрации УВ в водах российского сектора Черного моря встречаются редко. В большинстве районах их содержание не превышало величины ПДК – 50 мкг/л. Повышенные уровни приурочены к якорной стоянки судов в Керченском проливе, который можно отнести к «горячим точкам» в водах РФ. Прямые измерения скорости течений, а также геострофические оценки указывают на существование в верхнем 15-метровом слое струйного вдольберегового течения западного направления, переносящего азовоморские воды в сторону Феодосийского залива. Распределение ПАУ в пробах донных отложений в рассмотренном районе позволяет оценить загрязнение в основном как пирогенное, в меньшей степени – нефтяное, подвергшееся влиянию процессов трансформации. Наиболее вероятный источник загрязнений – поступление УВ от сжигания судового топлива. Результаты исследования получены в рамках государственного задания (тема № 0128-2021-0015), при поддержке РФФИ № 18–05–80049.

Список литературы

Lisitzin A.P. A marginal filter of the oceans // Okeanologiya. – 1994. – V. 34. – №. 5. – P. 735-747.

УДК 551.462.8

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МОРЕННЫХ ГРЯД В СЕВЕРНОЙ И СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ ПО ДАННЫМ РЕЙСОВ TTR-19 И TTR-20

DISTRIBUTION OF MORAINE RIDGES IN THE NORTH AND NORTHEASTEN BARENTS SEA (TTR-19 AND TTR-20 DATA)

Василевская Яна Алексеевна[1], Соловьева Марина Андреевна[1], Ахманов Григорий Георгиевич[1], Монтелли Александр Игоревич[2]

[1]Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва
[2]Институт полярных исследований имени Скотта, Кембридж

Vasilevskaya Yana Alekseevna[1], Solovyeva Marina Andreevna[1], Akhmanov Grigorii Georgievich[1], Montelli Aleksandr Igorevich[2]

[1] Lomonosov Moscow State University, Moscow
[2] Scott Polar Research Institute, University of Cambridge, Cambridge

В июле-августе 2020 года и сентябре-октябре 2021 года состоялись научно-исследовательские экспедиции TTR-19 и TTR-20 программы «Обучение-через-исследования (Training-through-Research)» в северную и северо-восточную части Баренцева моря. В результате рейсов получен большой объем геологических и геофизических данных. Батиметрические работы были выполнены при помощи многолучевого эхолота, сейсмоакустические наблюдения проводились по методике непрерывного сейсмического профилирования с источником типа «спаркер» и с высокочастотным профилографом. Такая методика наблюдений обеспечила разную проникающую и разрешающую способность исследований. Геологические исследования заключались в отборе донных осадков ударными трубками длиной 3 м и 4 м с последующим детальным анализом керна: литологическими, инженерно-техническими, геохимическими и другими видами исследований.

Проблема оледенений шельфов Западно-Арктических морей интересует многих специалистов, изучающих северные акватории. Как отечественные, так и зарубежные ученые выдвигают различные гипотезы образования и развития ледниковых покровов в регионе. Данные, полученные в ходе экспедиций проекта Training-through-Research, позволяют дополнить и актуализировать современные представления об эпохе последнего оледенения Баренцева моря.

Изучение пост-ледниковой морфологии дна моря – важный и надежный инструмент для реконструкции конфигурации ледового покрова и динамики отступления ледника. При анализе данных батиметрической съемки различных полигонов в желобе Седова, на южном склоне Персеевского поднятия и в Восточно-Баренцевоморской впадине были обнаружены регулярные моренные гряды. Целью данной работы стали выявление закономерностей распространения моренных гряд и попытка определить их генезис.

В ходе работы определены ширина, длина, ориентировка и высота каждого закартированного моренного вала, а где было возможно, измерены расстояния между ними. Для анализа использовались карты рельефа дня шести полигонов детальных исследований, в пределах которых были обнаружены регулярные моренные гряды. Благодаря большой

выборке данных (более 300 измерений) построены статистические распределения для каждого измерения и определено среднее значение, соответственно.

На основе определенных морфологических параметров моренных валов проведена классификация и выделены их четыре главных типа: изометричные, седловидные, каплевидные и удлиненные. Изометричные моренные валы характеризуются высотами более 5 м, ширинами более 100 м и длинами от 150 м. Для данного типа характерна одна вершина валов, одинаковая крутизна склонов и сопоставимые длина и ширина. Седловидные моренные валы обладают двумя вершинами, для них характерна изменчивая ширина и высота, присутствуют изгибы (изменяется азимут простирания вдоль моренного вала). Высота морен в среднем составляет 7 м, ширина - 150 м, длина - 300 м и варьирует от полигона к полигону. Третий тип – каплевидные моренные валы – характеризуется высотами более 5 м, ширинами 100 м и длинами около 300 м. Такие морены имеют одну вершину, изменчивую длину и ширину, для таких валов нехарактерно изменение азимута простирания вдоль моренного вала. Четвертый тип моренных гряд назван удлиненными валами, они обладают средней высотой 3 м, шириной 70 м и длиной более 600 м. Изометричные морены были идентифицированы на каждом из шести полигонов детального исследования. Седловидный тип морен был найден на всех участках, кроме юго-восточной части Восточно-Баренцевоморской впадины. Моренные валы каплевидного и удлиненного типов представлены только на полигонах Восточно-Баренцевоморской впадины и не были обнаружены на южном склоне Персеевского поднятия и в желобе Седова.

Морфология, конфигурация и особенности расположения моренных валов, закартированных в экспедициях TTR, были сравнены с суб-гляциальными и перигляциальными формами, описанными в литературе. Было установлено, что, в целом, весьма схожей морфологией обладают т.н. «морены Де Гира» (De Geer moraines), выделяемые многими учеными в районах материковых оледенений прошлого. Для морен Де Гира характерно симметричное строение, высота 1-3 м, ширина 30-40 м, длина 100 м и более, а также примерно равное расстояние между моренными грядами [1, 2]. Образование таких морен связывают с сезонной пульсацией (быстрые периодические наступание и отступание) фронта тающего ледника, или же с наличием субпараллельных трещин в основании ледника, где собирается моренный материал, который отлагается в виде валов при последующем таянии льдов.

Всем морфометрическим параметрам описанных в литературе морен Де Гира полностью удовлетворяет только удлиненный тип морен, обнаруженный на полигонах экспедиций TTR в Восточно-Баренцевоморской впадине. Изометричные и седловидные морены южного склона поднятия Персея и желоба Седова характеризуются размерами много большими, чем типичные морены Де Гира. Тем не менее, закартированные в этих районах моренные валы обладают схожей формой и морфометрическими параметрами, что позволяет предположить их схожий генезис.

В дальнейшем, для детализации представлений о районе и более уверенного определения генезиса обнаруженных валов целесообразно выполнить дополнительную батиметрическую съемку на сопряженных участках дна. Необходимо также отобрать образцы морены и провести радиоуглеродное датирование валов для определения времени их формирования. Дополнительные исследования позволят более уверенно говорить о генезисе регулярных морен северной и северо-восточной части Баренцева моря и об эволюции ледового покрова в данном районе.

УДК 550.8.028

НОВЫЕ ЗАДАЧИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РУДНОЙ ПРОВИНЦИИ КЛАРИОН-КЛИППЕРТОН ТИХОГО ОКЕАНА

NEW TASKS OF ENGINEERING-GEOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL RESEARCH IN THE CLARION-CLIPPERTON ORE PROVINCE OF THE PACIFIC OCEAN

Захаров Михаил Сергеевич, Ермакова Ливия Анатольевна, Кондратенко Анатолий Владимирович.

Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана им. И. С. Грамберга (ФГБУ «ВНИИОкеангеология»)

Zakharov Mikhail Sergeevich, Ermakova Livia Anatolyevna, Kondratenko Anatoly Vladimirovich

VNIIOkeangeologia

Введение

Продолжающееся изучение рудной провинции Кларион-Клиппертон в приэкваториальной части Тихого океана, связано с необходимостью реализации промышленного освоения месторождений железомарганцевых конкреций (ЖМК), включающих такие ценные компоненты как никель, медь, кобальт и некоторые попутные и редкоземельные элементы.

В 1988 году решением Генерального комитета Подготовительной комиссии для Международного органа по морскому дну и Международного трибунала по морскому праву представлявшее Советский Союз государственное предприятие «Южморгеология» было зарегистрировано в качестве первоначального вкладчика с выделением ему первоначального района в зоне Кларион-Клиппертон площадью 75 000 км^2.

Контракт на разведку ЖМК между Международным органом по морскому дну (МОМД) (англ., International Seabed Authority, ISA) и ГНЦ ФГУП «Южморгеология» был подписан 29 марта 2001 года сроком на 15 лет и продлен на 5 лет в 2016 году. Ещё одно продление ожидается в 2021 году. В период продления контракта в западной части Восточного полигона в границах Российского Разведочного Района железомарганцевых конкреций (РРР-ЖМК) на площади первого пятилетнего добычного блока продолжаются детальные геологоразведочные работы разведочной стадии в масштабе 1:50000, включающие в себя инженерно-геологические и фоновые экологические исследования.

В настоящее время выполнение российским контрактором своих обязательств в РРР-ЖМК перед МОМД в части выполнения детальных геологоразведочных работ, инженерно-геологических исследований, фоновых экологических исследований и экологического мониторинга, создания добычной техники и проведения её испытаний приобретает особую актуальность.

Анализ накопленного опыта и постановка новых задач

Начиная с 1982 года, в рудной провинции Кларион-Клиппертон были реализованы геологоразведочные работы и в их составе планомерные инженерно-геологические исследования, которые дали обширный фактический материал по инженерно-геологическим условиям региона. В частности:

1. было выполнено инженерно-геологическое картирование на 10 полигонах в масштабах от 1:500 000 до 1:100 000 с разбраковкой залежей ЖМК по степени сложности их разработки;
2. разработана схема инженерно-геологической стратификации осадочной толщи с расчленением её на инженерно-геологические комплексы и горизонты;
3. изучены физико-механические свойства донных отложений в естественном залегании в судовых и стационарных лабораториях;
4. изучены физико-механические и технологические свойства ЖМК.
5. Полученный фактический материал и результаты многолетней разработки теоретических, научно-методических, аппаратурных и технологических аспектов проблемы изучения инженерно-геологических условий будущих месторождений ЖМК нашли отражение в коллективной монографии «Инженерная геология рудной провинции Кларион-Клиппертон в Тихом океане» [1], которая обобщила весь накопленный опыт исследований 80-х годов, закрепленный целым рядом методических указаний и рекомендаций.

Также проводились фоновые экологические исследования. Кроме того, в 90-е годы прошлого века ГНЦ ФГУГП «Южморгеология» совместно с NOAA были организованы и проведены два эксперимента по оценке воздействия на морское дно специально сконструированного дистербера «Deep-Sea Sediment Resuspension System» (DSSRS), осуществлявшего взмучивание донных осадков: Benthic Impact Experiment I (BIE I) и Benthic Impact Experiment II (BIE II), давших важную на тот момент информацию о размерах и распространении плюмов.

На современном этапе исследований полей ЖМК МОМД ориентирует контракторов на получение и обобщение информации, включающей в себя [2]:

1. сбор фоновых экологических данных;
2. разработку, стандартизацию и тестирование концепций и стратегий мониторинга морской среды;
2. изучение перспектив и потенциальных экологических последствий добычи конкреций;
3. разработку потенциальных мер по смягчению последствий освоения конкреций;
4. создание технологических схем отработки перспективных блоков и планов автоматизированного управления производственным процессом;
5. разработку обоснованных методик оценки рисков, выгод и неопределенностей, а также методик, которые могут быть закреплены в будущих документах МОМД с целью выбора оптимальной стратегии освоения минеральных ресурсов Мирового океана.

Названные аспекты указывают на насущную необходимость комплексирования всех видов исследований выделенных рудных залежей, и прежде всего океанологических, биологических и инженерно-геологических, с широким использованием моделирования, математических расчётов и прогнозирования воздействий различной техники и технологий на океаническую среду. Для

этой цели, прежде всего, необходимо выделить рабочие и эталонные полигоны, на которых пройдет испытание систем оборудования для добычи ЖМК, обрабатывающих установок и систем транспортировки, а также заповедные эталонные полигоны, в сравнении с которыми будет осуществляться оценка воздействия на окружающую среду.

Согласно п. 33 «Руководящих рекомендаций контракторам по оценке возможного экологического воздействия разведки морских полезных ископаемых в Районе», использование систем, нарушающих стратификацию осадочного чехла и применяющихся для создания искусственного возмущения и плюмов на морском дне; испытания компонентов добычной системы; добычные испытания; испытания сбрасывающих систем и оборудования; буровые работы с использованием бортовых бурильных установок требуют проведения предварительной оценки экологического воздействия (ОВОС), а также наличия программы экологического мониторинга, которая должна осуществляться в ходе и по завершении конкретных работ в соответствии с рекомендациями МОМД [3].

Анализ состояния дел в области проектирования технических средств сбора ЖМК и технологий их переработки, хранения и транспортировки, предпринятый специалистами ФГБУ «ВНИИОкеангеология» в 2019 году, показал что в сложившихся условиях в РРР-ЖМК необходимо выполнить широкомасштабные исследования океанологического, биологического и инженерно-геологического характера, в частности, выбрать опытный (рабочий) и заповедный эталонные полигоны для испытания проектируемой техники, всесторонне охарактеризовать их инженерно-геологические условия и фоновое состояние окружающей среды , спрогнозировать на модельном уровне варианты техногенных изменений под влиянием работы на дне горно-добывающей техники, организовать краткосрочный и среднесрочный мониторинг изменений природной среды океана. Всё это говорит о том, что в ближайшие годы необходимо интенсифицировать работы по многим научным и прикладным направлениям.

Для планирования предстоящих исследований значительный интерес представляет анализ опыта зарубежных коллег.

Текущее положение дел в области проектирования технических средств сбора ЖМК представлено в таблице.

n/n		**Модель агрегата добычи**
ЖМК		
1	GSR -Бельгия, BRG - Германия	создана (PATANIA II)
2	EC «Blue Nodules»	создана (APOLLO II)
3	EC «Blue Mining» MH Wirth, Норвегия	проект
4	NTNU, Норвегия	проект
5	«NIOT» (Индия)	создана
6	«KORDI» Корея	создана

7	«COMRA», Китай	создана
8	ФГУП ЦКБ «Океангеотехника» и АО «Южморгеология», Россия	проект
9	СО «Интерокеанметалл» (ИОМ)	проект

Особый интерес представляют материалы, представленные в МОМД бельгийским контрактором компанией Global Sea Mineral Resources (GSR), которая фактически реализует два сопряжённых проекта. Первый (ProCat#2) ориентирован на техническую проверку в рудной провинции Кларион-Клиппертон конструкции предпрототипа коллектора (сборщика конкреций), оснащенного системой спуска-подъема, с условным названием «Patania II», тогда как второй проект направлен на оценку воздействия техники и технологических процессов сбора конкреций на окружающую среду (программа «JPI-O MiningImpact 2»). Ходовая часть агрегата была успешна испытана на морском дне ранее в рамках проекта GSR «Patania I». Испытания Patania II состоялись в апреле-мае 2021 года на площади бельгийского и немецкого контракторов (рейс MANGAN 2021).

Во втором проекте активное участие принимает немецкий контрактор Федеральный институт наук о Земле и природных ресурсов (Federal Institute for Geosciences and Natural Resources; BGR), подготовивший аналогичную программу испытания сборщика конкреций в пределах восточной части разведочного района Бельгии и Германии.

В соответствии с требованиями МОМД оба упомянутых контрактора провели оценку воздействия на окружающую среду предполагаемых испытаний и подготовили соответствующие Заявления (отчёты), которые представили в МОМД [4, 5].

Представляется, что из информации, содержащейся в указанных Заявлениях о воздействии на окружающую среду, на данный момент российскому контрактору будет наиболее интересен опыт GSR и BGR в части выбора рабочих и заповедных полигонов и выполнения фоновых экологических исследований, а также отработки ключевых моментов для оценки предполагаемого воздействия испытаний на окружающую среду.

Исследовательские программы указанных контракторов построены на тесном взаимодействии специалистов различного профиля, включая инженеров-геологов, перед которыми ставится задача выбора и всесторонней характеристики и оценки рабочих полигонов в отношении возможностей использования различных технических решений, оперативных наблюдений и мониторинга за изменениями, которые будут происходить в сжатые промежутки времени на ограниченной площади, при этом необходимо будет проверять и соотносить с действительностью ранее выполненные модельные разработки и технические расчёты различных исполнителей, объединённых в едином проекте.



Рис. 1 Общий вид предпрототипа сборщика конкреций «Patania II» без технологической оснастки в надводном положении перед спуском на морское дно [4].

Выводы

1. Проблемы освоения глубоководных месторождений и развития глубоководной горнодобывающей техники чрезвычайно разнообразны, поэтому МОМД требует от всех контракторов тщательного и комплексного исследования своих разведочных районов, что включает в себя геологическое, океанологическое (гидрофизика и гидродинамика), гидро- и геохимическое изучение многокомпонентного объекта в составе минеральных образований (ЖМК, корки, руды, илы), водной толщи, особенно ее придонного слоя, т. е. объекта, представляющего окружающую среду для многочисленных форм живых организмов, которые первыми примут на себя удар извлечения полезного ископаемого и разрушения (загрязнения) среды обитания, а также детальное изучение самих живых организмов. Такое изучение необходимо для выбора щадящих методов работы на океаническом дне и разработки соответствующих технологий, и международных нормативов добычных работ и типов добычных машин и агрегатов.

2. Опыт выполненных многолетних исследований, в том числе указанных выше зарубежных контракторов, показывает высокую эффективность математического и натурного моделирования, в том числе в лабораторных условиях и на специальных полигонах, подбор грунтов-имитаторов и объектов-муляжей конкреций, перемещаемых водными потоками разной силы и направленности. Обязательным является изучение всех видов воздействий на окружающую среду, в том числе шумового и светового загрязнения при производстве добычных работ на дне.

3. Инженерно-геологические исследования на данной стадии разведочных работ должны опираться на детализацию в картографическом масштабе не менее 1:10 000, что позволит:

- выявить все виды препятствий на морском дне;
- отобрать пробы донных осадков с минимальным нарушением естественного сложения, применяя специальные пробоотборники до глубины не менее 2 м;
- в полном объёме выполнить изучение физико-механических свойств осадков, ЖМК и поровых вод на борту судна и в стационарной лаборатории;

- выполнить детальную стратификацию разреза и оценить несущую способность донных осадков, подстилающих конкреционный слой, используя методы статического зондирования и вращательного среза;
- составить комплект специальных карт инженерно-геологического содержания, в том числе карту инженерно-геологических условий и карту инженерно-геологического районирования.

4. Опыт бельгийского и, особенно немецкого контрактора, по проведению фоновых экологических исследований и выполнению оценки воздействия на окружающую среду является чрезвычайно полезным, как с точки зрения видов и объемов исследований, так и с точки зрения используемых методов. Что касается оценки воздействия различных механизмов и технологических процессов на окружающую среду, то здесь ключевое значение имеет проведение натурных и лабораторных экспериментов, направленных на изучение и оценку распространения плюмов и их состава, а также численное моделирование поведения плюмов. Также следует обратить внимание на выбор рабочего и заповедного эталонных полигонов и методику их изучения (учет результатов моделирования при выборе расстояния распространения плюмов, планомерные фоновые исследования на протяжении целого ряда лет, мониторинг выбранных полигонов).

Библиографический список

1. Инженерная геология рудной провинции Кларион-Клиппертон в Тихом океане. 2004. /Научные редакторы Я. В. Неизвестнов, И. Ф. Глумов. СПб, Наука (Труды ВНИИОкеангеология, т. 197).

2. Решение Совета Международного органа по морскому дну относительно поправок к Правилам поиска и разведки полиметаллических конкреций в Районе и смежных вопросов. - ISBA/19/C/17. - URL: https://ran-s3.s3.amazonaws.com/isa.org.jm/s3fs-public/files/documents/isba-19c-17_1_1.pdf (дата обращения: 08.09.2021).

3. Руководящие рекомендации контракторам по оценке возможного экологического воздействия разведки морских полезных ископаемых в Районе. - ISBA/25/LTC/6/Rev.1 URL:https://ran-s3.s3.amazonaws.com/isa.org.jm/s3fs-public/files/documents/25-ltc-6-r.pdf. (дата обращения: 10.03.2020).

4. Environmental Impact Statement. Small-scale testing of nodule collector components on the seafloor of the CCFZ and its environmental impact. ISA_ EIA_2018_GSRNOD2019. Заявление компании GSR NV в МОМД, 2019.

5. Environmental Impact Assessment for the testing of a pre-prototype manganese nodule collector vehicle in the Eastern German license area (CCFZ) in the framework of the European «JPI-O MiningImpact 2 research project». German Federal Institute for Geosciences and Natural Resources. Hannover, 2018. Заявление компании BGR в МОМД, 2018.

УДК 553.98

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЙ ФЛЮИДОГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РАЗРЕЗЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ СУБАБИССАЛЬНОЙ РАВНИНЫ ЧЕРНОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ ВЫСОКОРАЗРЕШАЮЩЕЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ 2D

FEATURES OF THE OCCURRENCE OF FLUIDOGEODYNAMIC PROCESSES IN THE CENTRAL PART OF THE BLACK SEA SUBISSAL PLAIN ACCORDING TO HIGH RESOLUTION 2D SEISMIC SURVEY

Миронюк Сергей Григорьевич, Росляков Александр Геннадьевич, Хлебникова Оксана Александровна
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Mironyuk Sergey Grigorievich, Roslyakov Alexander Gennadievich, Khlebnikova Oksana Alexandrovna
Lomonosov Moscow State University

Введение

Флюидогеодинамические процессы и явления играют весьма значительную роль в формировании инженерно-геологических условий дна акваторий [Миронюк, 2010; Миронюк, 2019; Миронюк, 2021]. Они особенно широко распространены в морях с коллизионным (орогенным) типом тектонического режима, а также в районах морей, находящихся в зоне влияния океанического спрединга, субдукции, мантийных плюмов, активных региональных разломов и т. д. [Миронюк и др., 2017.]. В результате исследований, выполненных в морях указанного типа тектонического режима (Черном, Средиземном), было установлено массовое развитие в очагах разгрузки флюидов глиняных диапиров и грязевых вулканов, донных газовых воронок (покмарок), бугров газового вспучивания (домов), флюидогенных деформаций и др., присутствие в осадках газогидратов, повышенного количества аутигенных карбонатных образований. Установлено, что причинами возникновения фокусированных флюидных потоков являются области аномально высоких пластовых давлений (АВПД) в осадочном чехле морских бассейнов и наличие зон с повышенной вертикальной проницаемостью разреза (деструкции) [Иванов, 1999].

Участки с выходами флюидов на морское дно обнаруживаются, как правило, в пределах морских бассейнов с мощной (свыше 3 км) осадочной толщей, содержащей различные скопления углеводородов: залежи нефти и газа, газогидратов. Грязевой вулканизм, соляная тектоника, глиняный диапиризм достаточно хорошо изучены в основном в качестве индикаторов нефтегазоносности недр. Этой проблеме посвящена обширная литература, большая библиография и обзор роли флюидодинамических процессов в образовании и размещении залежей углеводородов приводится, например, в работе А. И. Тимурзиева [Тимурзиев, 2009], Ю. А. Загоровского [Загоровский, 2017], М. В. Родкина, Д. В. Рундквиста [Родкин, Рундквист, 2017] и др.

Значительно меньше работ посвящено инженерно-геологическим аспектам рассматриваемой проблемы. В частности, до сих пор не уделяется должного внимания таким вопросам как состояние и свойства газо- и гидратонасыщенных грунтов в очагах разгрузки флюидов, в т.ч. мерзлых, воздействие землетрясений на активность флюидогеодинамических процессов, механизм и скорость флюидогенных деформаций, оценка опасности флюидогеодинамических процессов для морских сооружений и буровых работ. Между тем

очаги разгрузки флюидов, включая ореолы их влияния, являются участками повышенной геологической опасности и требуют комплексного их изучения с привлечением, помимо инженерно-геологических, различных методов геофизических исследований. В частности, как показал опыт, наиболее достоверно признаки субвертикальных зон дезинтеграции (флюидомиграции) в осадочном чехле морских бассейнов могут быть установлены по данным сейсморазведки высокого разрешения 2D и 3D [Исмагилов, 2005; Миронюк, 2013; Гайнанов и др., 2017; Миронюк и др., 2020; Токарев и др., 2021].

Ниже представлены результаты сейсморазведки высокого разрешения 2D выполненные ООО «ПГС-Хазар» по заданию ООО «Питер Газ» в 2010-2013 гг. в коридоре трассы газопровода «Южный поток» в центральной части Черного моря (Западно-Черноморская впадина). Перед указанной организацией заказчиком была поставлена задача по выявлению и локализации геологических опасностей, включая разрывные нарушения, грязевые вулканы, газовые карманы, газовые гидраты в верхней части геологического разреза до 1 км ниже дна. Выбор центральной глубоководной части Черного моря для детальных геофизических исследований был не случаен. Именно здесь трасса газопровода проходит через т. н. «Одесско-Синопскую разломную зону» северо-западного простирания, ограничивающую с востока Западно-Черноморскую впадину [Старостенко, 2010]. Эта самая древняя и долгоживущая зона мантийного происхождения пересекает всю котловину Черного моря, имеет переменную ширину (до 100 км) и является продолжением разломов суши (рис.1). Она не стабилизировалась и до настоящего времени. Так, к ней, в разных ее частях приурочены многочисленные современные выходы газов, трубы дегазации, диапиры, покмарки [Mustafa Ergün et al., 2002; Kutas et. al., 2004; Шнюков Е. Ф. и др., 2005, Корчин, Русаков, 2019;]. Центральная глубоководная область рассматриваемой зоны разломов, согласно ранее проведенным исследованиям характеризуется активным грязевым вулканизмом и частым проявлением флюидогенных деформаций (грабенов, сбросов, трещин) в верхней части осадочного чехла [Конюхов и др., 1990; Мейснер, Туголесов, 1997].

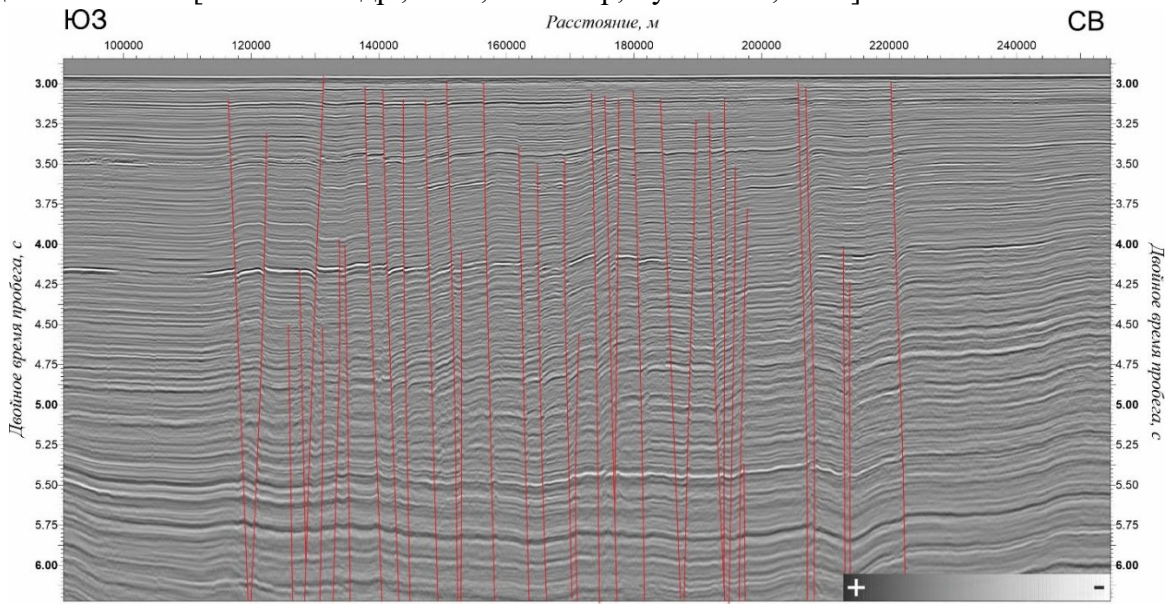


Рис.1. Фрагмент регионального профиля BS_210 [Nikishin et al., 2014], пересекающего «Одесско-Синопскую разломную зону». Красными линиями показаны разрывные нарушения в чехле Черноморской глубоководной котловины. Положение профиля показано на рис. 2.

Район и метод исследований

Изучение геологического строения субабиссали Черного моря и идентификация опасных геологических процессов и явлений для разработки проектной документации выполнялись на пяти площадках к западу от вала Андрусова, относительно равномерно расположенных вдоль трассы газопровода «Южный поток» (рис. 2). Глубина моря в районе исследований около 2200,0 м.

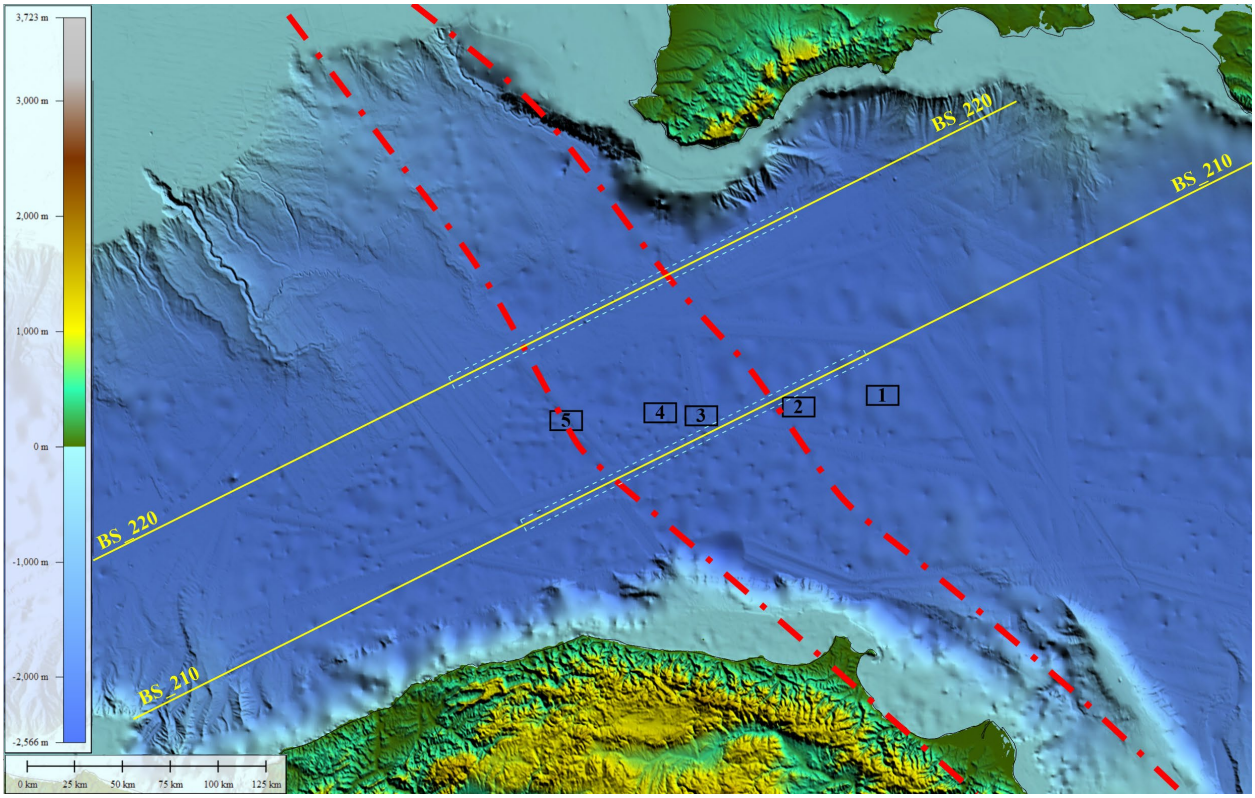


Рис.2. Схема расположения изученных участков (нумерация по ходу трассы газопровода с востока на запад). Красным штрих-пунктиром показаны границы «Одесско-Синопской разломной зоны». Желтыми линиями – положения региональных профилей BS_210, BS220, показанных на рис. 1 и 4 соответственно. Подложка - цифровая модель рельефа дна Черного моря и окружающей суши GEBCO.com.

Работы выполнялись с применением специализированной системы сбора и регистрации сейсмической информации XZone DBS «Bottom Fish HR» производства компании «SI Technology» (Россия) и высокочастотных пневматических источников упругого сигнала BOLT 2800 LLX HR (USA). Съемка осуществлялась по сетке профилей 2 км х 1км (4 х 1 км) со сгущением до 4 х 0, 5 км на отдельных участках.

При интерпретации полученных материалов, корреляции отражающих горизонтов, построения разрезов и карт были использованы специализированные программные комплексы компаний Landmark (OpenWorks, SeisWorks, ZMapPlus и пр.), SMT (Kingdom), Schlumberger (Petrel). Общий объем выполненных работ составил 960 пог. км.

Результаты дополнительной интерпретации глубинных разрезов

Для интерпретации временных разрезов нами были дополнительно привлечены данные МОВ ОГТ 2011 г, выполненные в рамках проекта «Геология без границ».

В целом в пределах изученных участков разрез характеризируется плоскопараллельной морфологией осей синфазности, осложненной разрывными нарушениями, амплитуда которых затухает вверх по разрезу.

Участок 1 отстоит от «Одесско-Синопской разломной зоны» и находится в пределах юго-западного склона вала Андрусова, разделяющего Западно-Черноморскую и Восточно-Черноморскую впадины. В верхней части разреза наблюдается небольшое количество разрывных нарушений с небольшой амплитудой смещения (до 15 м), а также вертикальные зоны с локальным понижением контрастности записи. В ходе работ были обнаружены аномалии типа «яркое пятно» с набором характерных признаков газонасыщенности, приуроченных к разрывным нарушениям, что служит подтверждением вертикальной миграции флюидов по ослабленным зонам в пределах рассматриваемого участка.

Участок 2, как и участок 5, расположены вблизи границы «Одесско-Синопской разломной зоны», по характеру волновой картины очень близки к участку 1. Количество разрывных нарушений в их пределах также невелико, амплитуды смещения разрывов незначительно возрастают (до 20-25 м).

Участки 3 и 4 находятся внутри «Одесско-Синопской разломной зоны» и осложнены большим количеством разрывных нарушений. Они расположены всего в 9 км от южной границы Западно-Черноморской грязевулканической провинции, в пределах которой имеются активные вулканы. Интересным является факт приуроченности разломов к антиформному изгибу осей синфазности в нижней части профиля. Можно предположить антиклинальный изгиб слоев, напряжение при образовании которого и явилось причиной возникновения разломов в верхней части разреза местами доходящих до поверхности дна.

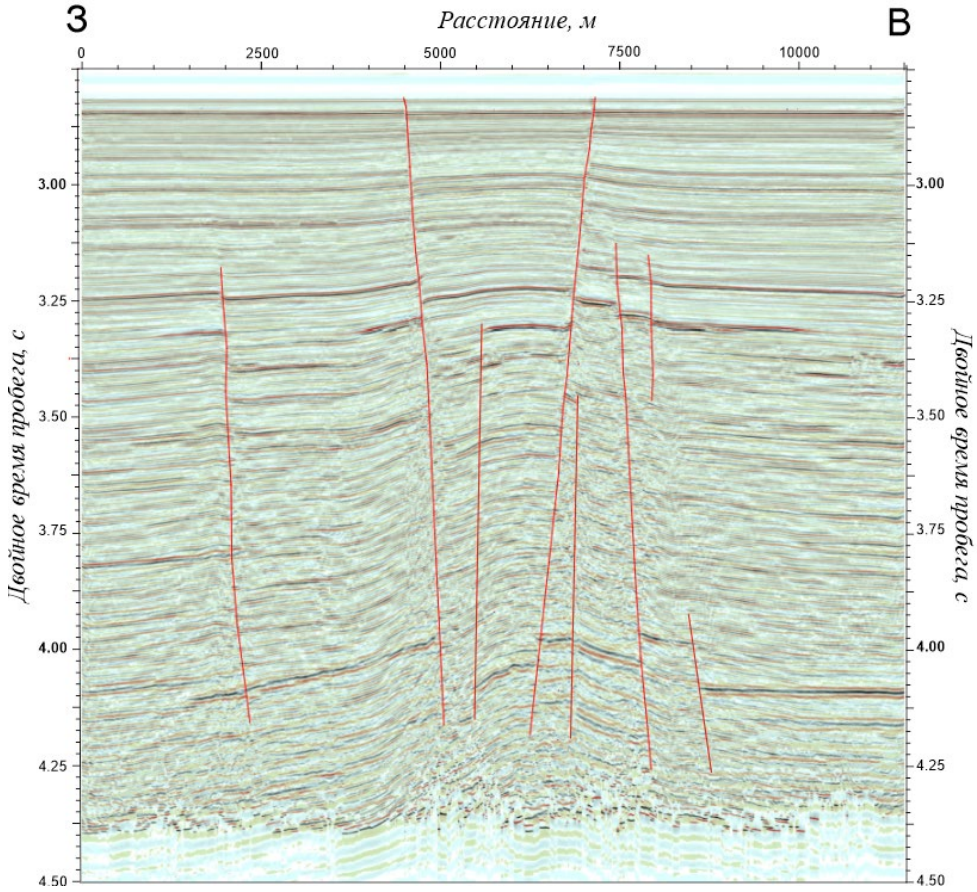


Рис.3. Фрагмент сейсмического профиля на участке 3. Красными субвертикальными линиями показаны разрывные нарушения.

Вероятнее всего данные антиклинальные складки в чехле являются результатом инъективной глиняной тектоники в толще майкопские отложения, что подтверждается при анализе региональных данных МОВ ОГТ (рис. 4).

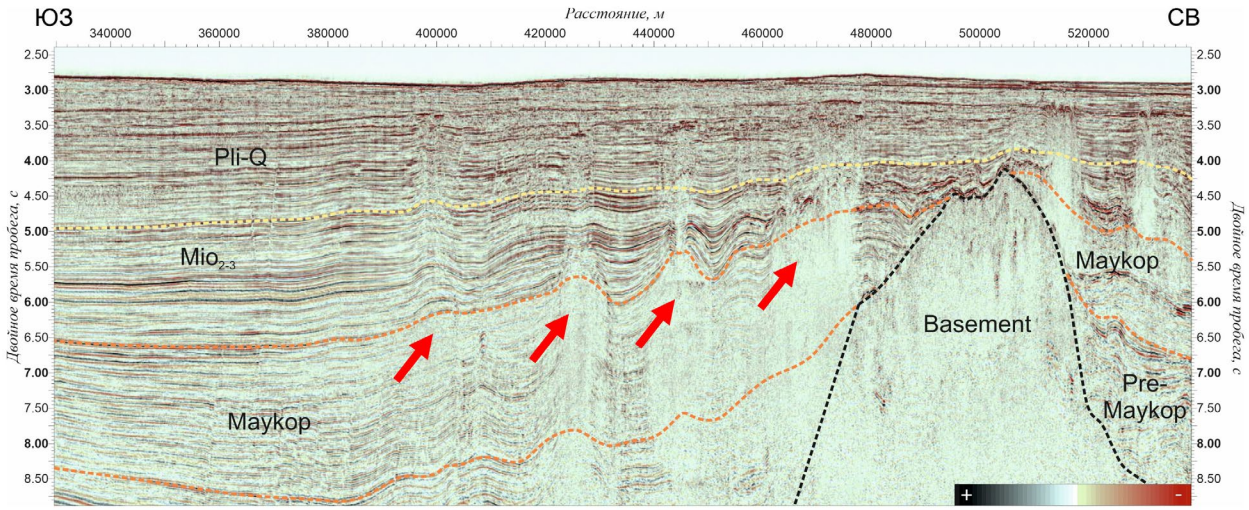


Рис.4. Фрагмент регионального временного разреза по профилю BS220 [Nikishin et al., 2014]. Красными стрелками показаны глиняные диапиры. Положение профиля показано на рис. 2.

Таким образом, анализ и обобщение полученных данных позволяют заключить, что в изученном нами сегменте «Одесско-Синопской разломной зоны» широко развиты субвертикальные элементы флюидных систем. Это прежде всего диапировые складки, которые в процессе своего развития деформируют вмещающие толщи, нарушают нормальное залегание вышележащих осадков и вызывают образование разрывных нарушений. Обращает на себя внимание, что изученный район с широким развитием глиняного диапиризма и грязевого вулканизма совпадает с районом Западно-Черноморской впадины с максимальной мощностью майкопских отложений.

Список литературы

Миронюк С.Г. Грязевые вулканы Азово-Черноморского бассейна и прилегающих территорий и оценка их опасностей для зданий и сооружений//Геориск. – 2010. – №3. – С. 20-28.

Миронюк С.Г. Инженерно-геологические аспекты изучения субаквальных флюидогенных образований // Материалы XIV Международной научно-практической конференции «Новые идеи в науках о Земле М.: Изд-во РГГУ им. С. Орджоникидзе. – 2019. – С. 171-178.

Миронюк С. Г. Особенности инженерно-геологических условий в очагах субаквальной разгрузки флюидов // Новые идеи и теоретические аспекты инженерной геологии / Труды Международной конференции (Москва, МГУ, 4 февраля 2021 г.)// Под ред. В.Т.Трофимова и В. А. Королёва. Москва, 2021. – С. 63–69.

Миронюк С. Г., Мысливец В. И., Иванова А. А. Флюидогенный морфолитогенез на морском дне (на примере морей, омывающих берега России) // Материалы научных мероприятий, приуроченных к 15-летию Южного научного центра Российской академии наук. Изд-во ЮНЦ РАН Ростов-на-Дону, 2017. – С. 278–281.

Иванов М. К. Фокусированные углеводородные потоки на глубоководных окраинах континентов. Дисс. … доктора геол.-минерал. наук. М., МГУ, 1999. – 222 с.

Тимурзиев А.И. Новейшая сдвиговая тектоника осадочных бассейнов: тектонофизический и флюидодинамический аспекты (в связи с нефтегазоносностью). Дисс.… доктора геол.-минерал. наук. М., МГУ, 2009. –331 с.

Загоровский Ю. А. Роль флюидодинамических процессов в образовании и размещении залежей углеводородов на севере Западной Сибири. Дисс…. кандидата геол.-минерал. наук. Тюмень, 2017. – 201 с.

Родкин М. В., Рундквист Д. В. Геофлюидогеодинамика. Приложение к сейсмологии, тектонике, процессам рудо- и нефтегенеза. Долгопрудный: Интеллект, 2017. – 287 с.

Исмагилов Д.Ф., Козлов В.Н., Подшувейт В.Б., Терехов А.А., Хортов А.В. Опыт высокоразрешающей сейсморазведки (ВРС) на акваториях южных морей Российской Федерации// Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2005. – № 11. – С. 40-45.

Миронюк С. Г. Локализация приповерхностных зон скопления газа (газовых карманов и труб) геофизическими методами и оценка их опасности для морских сооружений //ТЭК. Безопасность. – 2013. – №2. – С. 74-79.

Гайнанов В. Г., А. А. Верхняцкий А. А., Шматков А. А., Токарев М. Ю. Трехмерные сейсмоакустические наблюдения на акваториях: обзор современных технологий //Деловой журнал Neftegaz.RU. – 2017. – № 1. – С. 56–68.

Миронюк С. Г., Росляков А. Г., Иванова А. А., Терехина Я. Е., Токарев М. Ю., Мартын А. А. Изучение субвертикальных зон дезинтеграции (труб дегазации) в осадочном чехле морских нефтегазоносных бассейнов (на примере Охотского моря)// Инженерные изыскания. –2020. – Т. 14. – № 2. – С. 28-41.

Токарев М. Ю., Локтев А. С., Росляков А. Г., Пирогова А.С., Рыбин Н.А., Хоштария В.Н., Данилевская Н.С. Инновационные технологии выявления и оценки геологических рисков при бурении и возведении объектов нефтегазового комплекса на Арктическом шельфе // Наука и техника в газовой промышленности. – 2021. – № 2. – С. 20–33.

Старостенко В.И., Макаренко И.Б., Русаков О.М., Пашкевич И.К., Кутас Р.И., Легостаева О.В. Геофизические неоднородности мегавпадины литосферы Черного моря// Геофиз. журн. – 2010. – Т. 32. – № 5. – С. 3-20.

Mustafa Ergün, Derman Dondurur, Günay Çifçi. Acoustic evidence for shallow gas accumulations in the sediments of the Eastern Black Sea//Terra Nova. – 2002. – V.14. – № 5. – P. 313-320.

Kutas R I., Palyi S. I., Rusakov O. M. Deep faults, heat flow and gas leakage in the northern Black Sea// Geo-Marine-Letters. – 2004. – 24. – P. 163-168.

Шнюков Е.Ф., Старостенко В.И., Русаков О.М., Кутас Р.И. Глубинная природа газовых факелов западной части Черного моря по результатам геофизических исследований// Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2005. – № 1. – С. 70-82.

Корчин В. А., Русаков О. М. Зона разуплотнения термобарического типа в кристаллической коре северо-западного шельфа Черного моря - потенциальный региональный коллектор абиогенного метана// Геофизический журнал. – 2019. – Т. 41. – № 2. – С.99-111.

Конюхов А. И., Иванов М. К., Кульницкий Л. М. О грязевых вулканах и газогидратах в глубоководных районах Черного моря//Литол. и полезн. ископ. – 1990. – № 3. – С. 12–23.

Мейснер Л. Б., Туголесов Д. А. Флюидогенные деформации в осадочном выполнении Черноморской впадины// Разведка и охране недр. – 1997. – №7. – С. 18-21.

Nikishin, A.M., et al. The Black Sea basins structure and history: New model based on new deep penetration regional seismic data. Part 1: Basins structure and fill, Marine and Petroleum Geology (2014), http://dx.doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2014.08.017

Морская геология

Стендовые доклады

Marine Geology

Poster presentations

УДК 551.242.2

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРООБРАЗУЮЩИХ ДЕФОРМАЦИЙ НА ХРЕБТЕ КНИПОВИЧ

PHYSICAL MODELING OF STRUCTURE-FORMING DEFORMATIONS ON THE KNIPOVICH RIDGE

Агранов Григорий Дмитриевич[1,2], **Соколов Сергей Юрьевич**[1]
[1] Геологический Институт Российской академии наук
[2] Московский Государственный Университет им. Ломоносова, Музей Землеведения

Agranov Grigory Dmitrievich[1,2], **Sokolov Sergey Yurievich**[1]
[1] Geological Institute of the Russian Academy of Sciences
[2] Moscow State University Lomonosov, The Earth Science Museum

Хребет Книповича является молодой рифтовой структурой с элементами сдвига, уникальность которой состоит в близости к источникам лавинного сноса осадочного материала с шельфа Баренцева моря. Геодинамически подвижный консолидированный фундамент, покрываемый слабоконсолидированным осадочным чехлом, передает деформации и разрывы в осадочный чехол, где эти структурные элементы фиксируются достаточно четко в конфигурации рефлекторов, тогда как рельеф фундамента может в большей степени отражать первичные неровности базальтового слоя, сформированного в условиях медленного спрединга. Поэтому важно понимать процесс формирования данного хребта. Первоначально хребет сформировался в результате перескока оси спрединга на крупный трансформный разлом, который соединял хребет Гаккеля и хребет Мона. Данное событие произошло приблизительно 30 – 35 млн лет назад в условиях сочетания сдвиговых и раздвиговых напряжений.

Было проведено моделирование данного процесса в лаборатории физического моделирования Музея землеведения МГУ. Эксперименты проводились в соответствии с условиями подобия и методиками, описанными в работе (Шеменда, 1983). Установка для моделирования представляет собой текстолитовую ванну с поршнем, движущимся с помощью электромеханического привода (Рис. 1). Равномерное температурное поле модельного вещества обеспечивают обогреватели, расположенные внутри установки. Электромеханический привод позволяет варьировать скорости деформации модельной плиты. Применяемые методики дают возможность создавать обстановки ортогонального, или косого растяжения. Изменение длительности охлаждения при подготовке модельной плиты обеспечивает различное соотношение ее хрупкого и пластичного слоев (Грохольский, Дубинин, 2006).

Эксперименты продемонстрировали структурные особенности хребта Книпович. Так же были проведены эксперименты, демонстрирующие одно из объяснений реактивизации и развития разлома Сенья северо-восточнее хребта Книпович. Всего было проведено 4 серии экспериментов:

1) Моделирование формирования юго-восточного сегмента хребта Книпович (рис. 1, эксп №1);

2) Моделирование формирования северо-западного сегмента хребта Книпович (рис. 1, эксп №2);

3) Моделирование формирования и развития хребта Книпович, учитывая изменения угла простирания хребта (рис. 1, эксп №3);

4) Моделирование формирования юго-восточного сегмента хребта Книпович и возможное формирования перескока оси спрединга в сторону разлома Сенья (рис. 1, эксп №4).

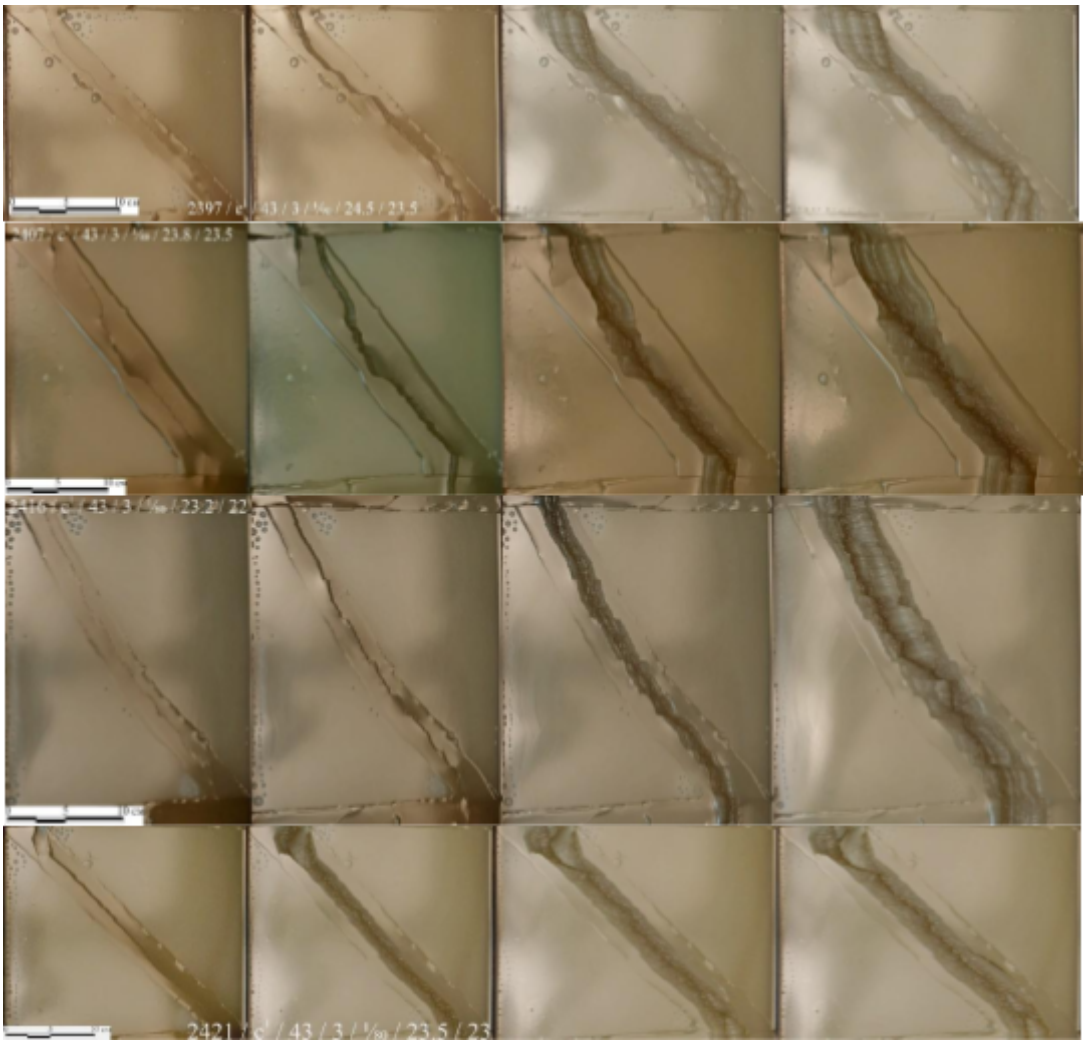


Рис. 1. Результаты физического моделирования. Примеры экспериментов из 4-х различных серий.

Первые три серии экспериментов наглядно демонстрируют особенности структурообразующих деформаций при косом ультрамедленном спрединге с углами наклона осей 40-55°. В данных экспериментах наглядно видны все особенности зарождения эшелона трещин, соединённых трансформными смещениями. Сравнение с структурными картами показывает хорошее соответствие результатов экспериментов с природными объектами.

Последняя серия экспериментов была направлена на объяснение существующей сейсмической активности на продолжение разлома Сенья. Одним из объяснения подобной активности может быть реактивизация разлома и возможное начало формирования перескока оси спрединга в сторону границы континент-океан, что является закономерным развитием событий в условии эволюции спрединговых хребтов подобного типа. В данной

серии экспериментов на определенном этапе развития хребта была задана структурная аномалия, которая и спровоцировала небольшой перескок оси в сторону континентальной окраины.

Работа выполнена в рамках темы ГИН РАН «Геологические опасности в Мировом океане и их связь с рельефом, геодинамическими и тектоническими процессами» (государственная регистрация № 0135-2019-0076).

Список литературы

Грохольский А.Л., Дубинин Е.П. Аналоговое моделирование структурообразующих деформаций литосферы в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов // Геотектоника. 2006. Т.1 С. 76–94.

Зарайская Ю.А. Особенности сегментации и сейсмичности ультрамедленных срединно-океанических хребтов Книповича и Гаккеля. Геотектоника, 2017, № 2, с. 67-80

Соколов С.Ю., Абрамова А.С., Зарайская Ю.А., Мазарович А.О., Добролюбова К.О. Современная тектоническая обстановка северной части хребта Книповича, Атлантика // Геотектоника. 2014. № 3. с. 16–29. DOI: 10.7868/S0016853X14030060

Соколов С.Ю., Абрамова А.С., Мороз Е.А., Зарайская Ю.А. Амплитуды дизъюнктивных нарушений флангов хребта Книповича (Северная Атлантика) как индикатор современной геодинамики региона // Геодинамика и тектонофизика. 2017. Т. 8. № 4. С. 769–789. doi:10.5800/GT-2017-8-4-0316.

Шеменда А.И. Критерии подобия при механическом моделировании тектонических процессов // Геология и геофизика. 1983. Т.10 С.10–19.

УДК 556.114

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ГАЛОГЕНИДОВ В ПОРОВЫХ ВОДАХ ДОННЫХ ОСАДКОВ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ШЕЛЬФА БАРЕНЦЕВА МОРЯ

EXPERIMENTAL STUDY OF HALOGENS CONTENT IN THE PORE WATER OF THE NORTHERN PART OF A BARENTS SEA SHELF

Неуважаева Милена Дмитриевна[1], Казак Екатерина Сергеевна[1], Ахманов Григорий Георгиевич[1]

[1]Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Neuvazhaeva Milena Dmitrievna[1], Kazak Ekaterina Sergeevna[1], Akhmanov Grigorii Georgievich[1]

[1]Lomonosov Moscow State University

Введение

Акватория Баренцева моря занимает обширную область регионального Баренцевоморского мегапрогиба и в настоящее время все больше привлекает к себе внимание отечественных и зарубежных исследовательских групп в связи с обнаружением здесь внушительных запасов полезных ископаемых, в первую очередь нефти и газа (Ступакова и др., 2015). Исследование геохимии донных осадков и поровых вод Баренцева моря было начато в 60-х годах XX века, несмотря на это северный сектор все еще характеризуется слабой изученностью.

Изучение содержания галогенидов (хлора, йода, брома) в иловых водах было выполнено для образцов донных отложений, отобранных в северо-восточной части шельфа Баренцева моря в ходе экспедиции TTR-19 (48-й рейс НИС «Академик Николай Страхов»; июль-август 2020 г.), организованной геологическим факультетом МГУ имени М.В. Ломоносова при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ.

Методика исследования

Для проведения исследования были использованы 2 колонки донных осадков. Измерение значение pH и Eh было выполнено непосредственно на судне в свежеотобранной трубке донных отложений. Извлечение поровых вод проводилось в гидрогеохимической лаборатории кафедры гидрогеологии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова методом центрифугирования на центрифуге «ОПН-16». В извлеченной и отфильтрованной пробе поровой воды выполнялось определение содержания гидрокарбонат-иона методом объемного титрования, концентрации хлора, сульфата, брома, натрия, калия, магния, кальция – методом жидкостной хроматографии.

В ходе проведения исследований была адаптирована существующая методика измерения массовой концентрации йода для донных осадков Баренцева моря. Определение йода проводилось в донных осадках TTR19-AR148G и поровой воде колонок TTR19-AR91G и TTR19-AR148G с помощью постоянной токовой вольтоамперометрии по трехэлектродной схеме на приборе «Экотест ВА-йод». Измеряя величину катодного тока, протекающего при растворении осадка, рассчитывают исходную концентрацию йода в растворе. В ходе исследований делается регистрация вольтамперограммы фонового раствора, анализируемого раствора пробы и анализируемого раствора с добавкой градуировочного раствора йодистого калия. Исходя из полученных данных производится графическое вычитание

вольтамперограммы фонового раствора из вольтоамперограммы анализируемого раствора пробы и вольтамперограммы анализируемого раствора пробы с добавкой градуировочного раствора. Под полученными кривыми измеряют площади пика йода в анализируемом растворе пробы и производят обработку результатов (Рис. 1).

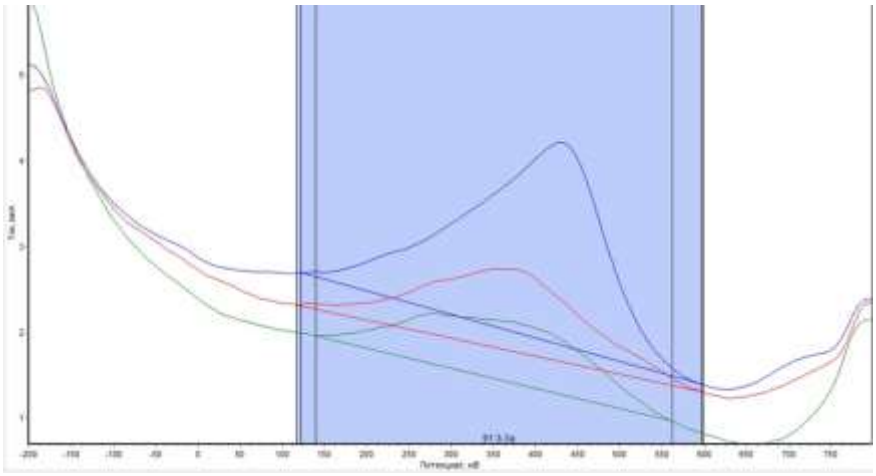


Рис. 1. Вольтоамперограмма анализируемого раствора (TTR19-AR91G , 3-3а, вода).

Результаты

Значения pH поровых вод колонки TTR19-AR91G по данным анализа изменяются от 7,75-8,48. Значения pH поровых вод колонки TTR19-AR148G изменяются от 7,09-7,95, местами наблюдаются незначительные снижение значений pH. Минерализация изменяется в пределах от 31,1 до 35,5 г/л и от 34,57 до 35,43 г/л соответственно. Полученные значения минерализация для всех исследуемых вод определяются преимущественно содержанием хлор-иона.

Поровые воды в районе исследования относятся к хлоридным натриевым и схожи с составом вод океана и поверхностных вод Баренцева моря. Усредненная формула ионного состава для поровых вод колонки TTR19-AR91G представлена ниже:

$$Br(56{,}4-64{,}7)I(0{,}007-0{,}3)M(31-35)\frac{Cl(87-89)SO_4(9-11)HCO_3(0{,}3-0{,}5)}{Na(76-79)Mg(16-18)Ca(3{,}3-3{,}5)K(1{,}5-1{,}8)}pH(7{,}75-8{,}48)Eh(-14-+153)$$

Формула ионного состава для поровых вод колонки TTR19-AR148G следующая:

$$Br(60{,}3-66{,}3)I(0{,}15-1{,}2)M(34-35)\frac{Cl(88-89)SO_4(9-11)HCO_3(0{,}2-0{,}5)}{Na(77-78)Mg(17-18)Ca(3{,}2-3{,}5)K(1{,}4-1{,}6)}pH(7-7{,}9)Eh(-146-+8)$$

Содержание Cl^- в поровых водах колонки TTR19-AR91G изменяется от 16,5 до 19,21 г/л и от 18,7 до 19,27 г/л для колонки TTR19-AR148G и существенно с глубиной не меняется.

Содержание Br^- изменяется в пределах 56,4-64,7 мг/л в поровых водах колонки TTR19-AR91G и 60,3-66,3 мг/л в поровых водах колонки TTR19-AR148G. Полученные значения соотносятся с содержание брома в морской воде и в иловых водах океана и открытых морей (от 62 до 76 мг/л) (Шишкина, 1972), а также с предыдущими измерениями брома в поровых водах Баренцева моря (Гурский, 2003; Казак и др., 2021). Повышение концентраций брома происходит в хлоридно-щелочных иловых водах, которые образуются при диагенезе осадков, обогащенных органическим веществом (Шишкина, 1972). В нашем случае донные осадки содержат низкое количество органического вещества (<3 масс.%), а процессы диагенетического преобразования в них выражены очень слабо. Содержание брома в поровых водах в целом незначительно изменяется с глубиной колонок и имеет морской генезис. Отношение Cl/Br для поровых варьируется в пределах 293-319 в колонке 91 и 290-315 для колонки 148, незначительно меняясь с глубиной.

Содержание I^- в поровых водах донных отложений принимает значения 0,007-0,3 мг/л для поровых вод TTR19-AR91G и 0,15-1,2 мг/л для поровых вод TTR19-AR148G. Среднее содержание йода в иловых водах морского типа составляет $7 \cdot 10^{-4}$ г/кг (Тагеева, Тихомирова, 1962), что близко к средней величине иловых вод Северного Ледовитого океана и Гренландского моря и более чем на порядок выше его концентрации в морской воде ($5 \cdot 10^{-5}$ г/кг) (Тагеева, Тихомирова, 1962).

Высокая концентрация йода всегда встречается в донных осадках, обогащенных органическим веществом ($C_{орг}$ > 5-10 масс.%) (Гурский, Гуляева, 1971). Исследуемые донные отложение Баренцева моря характеризуются низким содержанием органического вещества (1,07 масс.%). Обнаружено, что 96-99% йода, содержащего в системе «поровые воды – донные осадки» TTR19-AR148G, содержится в твердой фазе отложений, составляет 5-462 мг/100 г и снижается с глубиной (Рис. 2). Полученные содержания йода ниже, чем в илах Баренцева ($29,7 \cdot 10^{-1}$ г/100 г) и Белого ($4,8 \cdot 10^{-1}$г/100 г) морей по данным А.П. Виноградова (Гурский, Гуляева, 1971). Нами установлено, что с увеличением содержания глинистых минералов и органического вещества увеличивается количество йода в донных осадках (Рис. 3). Это связано с тем, что глинистые частицы и органическое вещество накапливают на своей поверхности йод в ходе захоронения морских осадков за счет процессов сорбции.

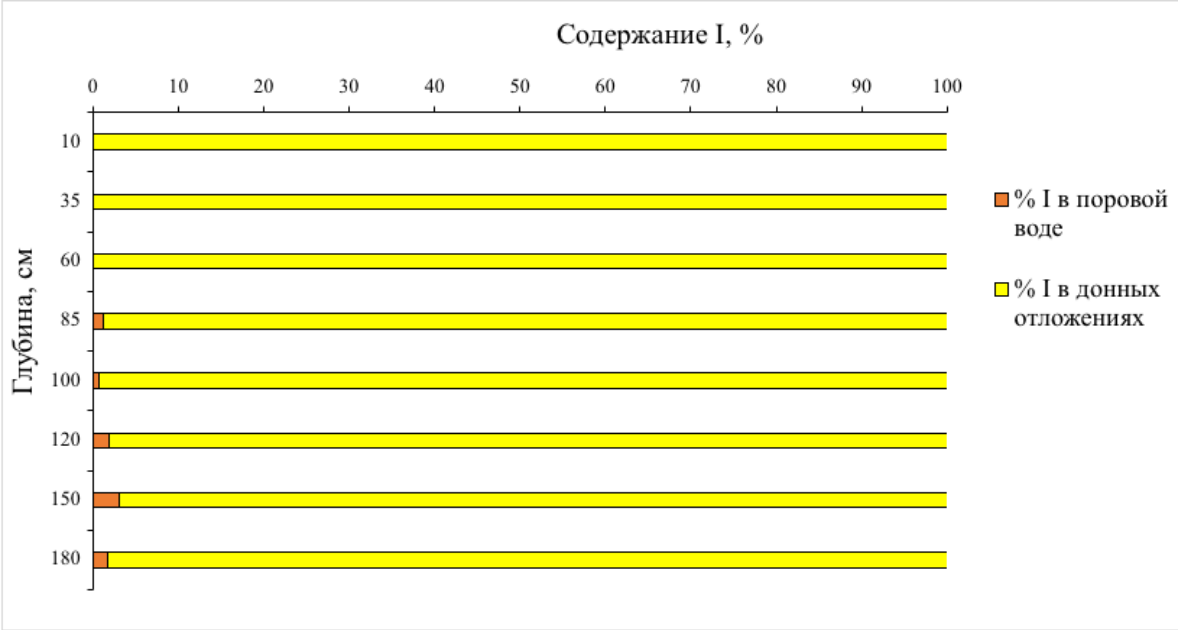


Рис. 2. Соотношение йода в поровой воде и донных отложениях (TTR19-AR148G).

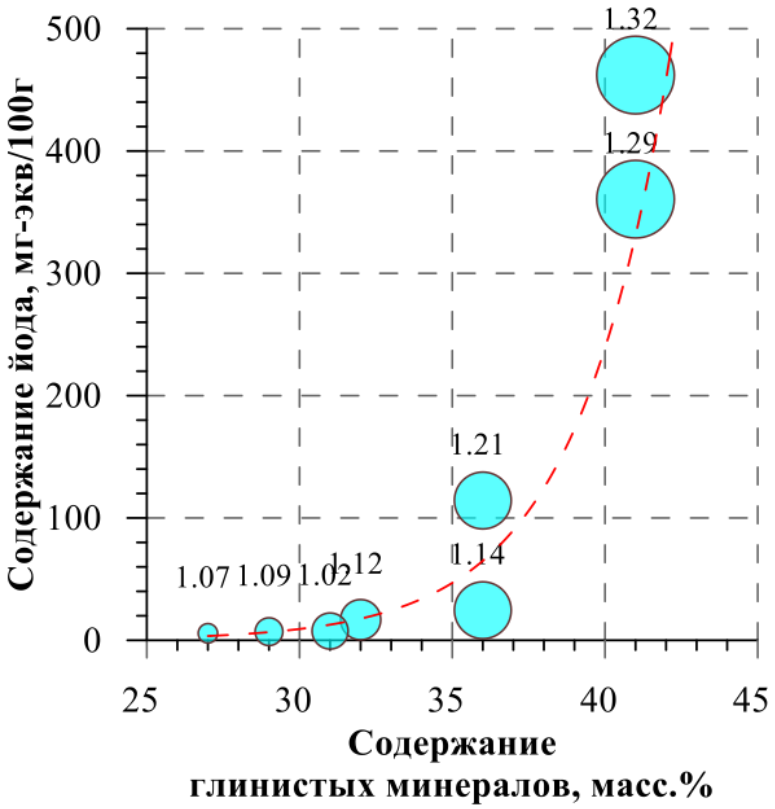


Рис. 3. Зависимость содержания йода в донных отложениях от содержания глинистых минералов и органического вещества (величина кругов соразмерна с количеством органического вещества, цифрами на графике указано количественное содержание $C_{орг}$).

Заключение

На основании результатов, полученных в ходе лабораторных исследований по определению химического состава и содержанию галогенидов в 18-ти образцах донных осадков Баренцева моря, можно сделать следующие выводы:

- Минерализация поровых вод принимает значения от 31,1 г/л до 35,7 г/л и формируется, главным образом за счет ионов хлора, натрия и в меньшей степени сульфат-иона. Все анализируемые образцы поровой воды наследуют состав захороненной поверхностной воды Баренцева моря.
- Содержание Cl^- в поровых водах изменяется от 16,5 до 19,21 г/л (TTR19-AR91G) и от 18,7 до 19,27 г/л (TTR19-AR148G). Содержание Br^- изменяется от 56,4 до 64,7 мг/л в поровых водах TTR19-AR91G и от 60,3 до 66,3 мг/л в поровых водах TTR19-AR148G. Отношение Cl/Br для поровых варьируется в пределах 293-319 в TTR19-AR91G и 290-315 для TTR19-AR148G, незначительно меняясь с глубиной.
- Содержание I^- в поровых водах составляет 0,007-0,3 мг/л (TTR19-AR91G) и 0,15-1,2 мг/л (TTR19-AR148G). Большая часть йода (96-99%) от общего количества содержится в твердой части донных осадков в сорбированном виде на глинистых частицах и органическом веществе.

Список литературы

Гурский Ю.Н., Геохимия литогидросферы внутренних морей, Том 1. М.:ГЕОС, 2003, 318 с.

Гурский Ю.Н., Гуляева Л.А., Бром и йод при седиментации и диагенезе современных морских отложений, 1971. 14 с.

Казак Е.С., Корзун А.В., Ахманов Г.Г., Бакай Е.А. Геохимия поровых вод донных отложений в северо-восточной части шельфа Баренцева моря // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2021. No 5. С. 39–54.

Ступакова А.В., Кирюхина Т.А., Суслова А.А., Норина Д.А., Майер Н.М., Пронина Н.В., Мордасова А.В. Перспективы нефтегазоносности мезозойского разреза Баренцевоморского бассейна // Георесурсы. – 2015. – Т. 2. – С. 13-26.

Тагеева Н.В., Тихомирова М.М., Геохимия поровых вод при диагенезе морских осадков. М., Из-во АН СССР, 1962. 246 с.

Шишкина О.В., Геохимия морских и океанических иловых вод. М.: Наука, 1972. 228 с.

УДК 551.351.2 /551.422

ИЗМЕНЕНИЕ НАПРАВЛЕННОСТИ МОРФОЛИТОГЕНЕЗА НА ШЕЛЬФЕ МОРЕЙ ВОСТОЧНОЙ АРКТИКИ

CHANGE IN THE DIRECTION OF MORPHOLITOGENESIS ON THE SHELF OF THE EASTERN ARCTIC SEAS

Пижанкова Елена Ивановна, Гаврилов Анатолий Васильевич
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Pizhankova Elena Ivanovna, Gavrilov Anatoly Vasilievich
Lomonosov Moscow State University

Введение

Шельфовая зона морей восточной Арктики обладает своеобразными чертами, обусловленными тектоникой и историей геологического развития в плейстоцене. Области тектонических поднятий заняты положительными формами подводного рельефа, опусканий и тектонически ослабленных зон – депрессиями и палеодолинами. В позднем плейстоцене шельф был осушен и подвергался многолетнему промерзанию с образованием отложений ледового комплекса (ЛК). Послеледниковая трансгрессия моря приводила к первоочередному затоплению палеотермокарстовых котловин, а возвышенные участки, сложенные породами ледового комплекса подвергались термоабразии, которая в конечном итоге привела к исчезновению её останцов, формировавших острова (Фигурина, Васильевский, Семеновский, Диомида). Существовавшие на их месте банки в историческое время продолжали размываться. Однако в настоящее время этот процесс изменил свою направленность и на месте размытых островов отмечается повышение поверхности дна и образование новых островов. Этот факт фиксируется на материалах разновременных космических съемок, а также получает подтверждение и объяснение, исходя из анализа данных исследований донных осадков и литологических карт. В материалах предыдущих лет более подробно рассказано об образовании островов на шельфе морей Лаптевых и Восточно-Сибирского, проанализированы факторы, приводящие к этому явлению.

Данные и методы

Материалами для исследований являлись космические снимки (КС) Landsat, Sentinel и Terra/MODIS за 1973-2020 гг., синтез и совмещение которых осуществлялись с помощью программного пакета ScanEx Image Processor, а дешифрирование и необходимые измерения - в ГИС-среде MapInfo Professional. Использовались также топографические; геологические, тектонические карты [Государственная… карта…, 2014, 2016, 2017], исторические сведения [Гаккель Я.Я., 1957, География…, 1949 и др.], опубликованные материалы исследований по сейсмоакустическому профилированию Семеновского мелководья [Рекант и др., 2009] и океанографических экспедиций ТОИ ДВО РАН [Дударев и др., 2015 и др.].

Результаты

Направленность современных литодинамических процессов в условиях восточно-сибирской Арктики, определяют особенности рельефа дна, ледового режима, гидродинамики и неотектоники, характер и литология доголоценовых донных осадков.

Общая тенденция в динамике морского дна направлена на выравнивание рельефа. В

береговой зоне, а также на мелководьях основным рельефообразующим фактором является волновая деятельность. До недавнего времени на банках происходил размыв мелководных участков дна, интенсивный перемыв подстилающих пород и дальнейшее переотложение материала на периферии. Размываемые породы мелководий, сформированных на месте останцов ЛК, представляют собой палимпсестовый генетический тип отложений [Государственная… карта…, 2014, 2016]. Это реликтовые неоплейстоценовые осадки, интенсивно переработанные современными гидродинамическими процессами [Геологический словарь, 2011, Бургутто и др., 2015]. Представлены породы мелководий песками моногранулярными, песками пелитовыми и пелитами песчаными. Пески имеют местное происхождение и образовались в результате перемыва песков, входивших в качестве примеси в состав грунтовых блоков ЛК.

Гранулометрический состав донных осадков и его латеральная изменчивость в пределах площади к востоку от дельты р. Лены, охватываемой листом карты S-53;54, приведен на рис. 1. Он показывает, что современные осадки песчаной фракции преобладают у берегов

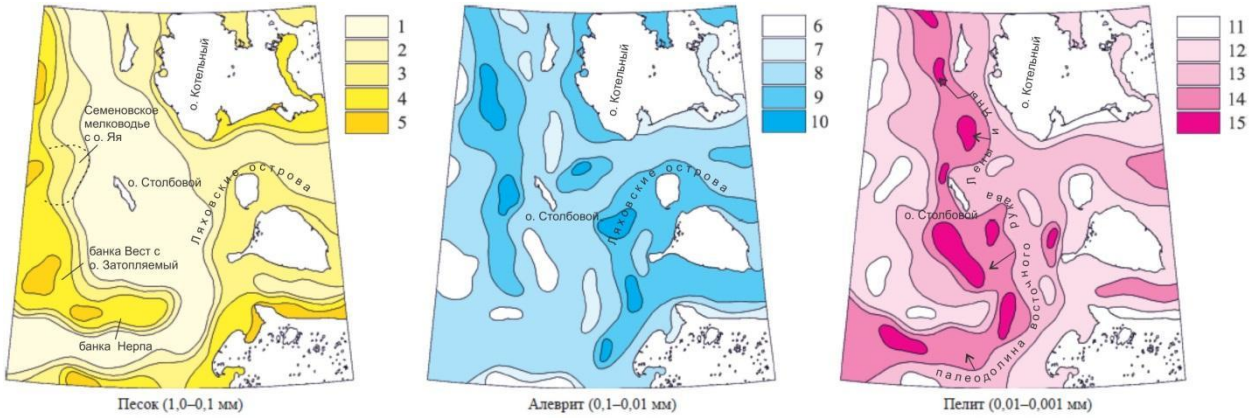


Рис. 1. Схема распределения основных фракций в осадках акватории в пределах листа S-53; 54 [Государственная…, 2016]. Содержание фракции в осадке (%): *1–5* – песок (1,0–0,1 мм): *1* – 0–10, *2* – 10–25, *3* – 25–50, *4* – 50–75, *5* – более 75; *6–10* – алеврит (0,1–0,01 мм): *6* – 0–10, *7* – 10–25, *8* – 25–50, *9* – 50–75, *10* – более 75; *11–15* – пелит (0,01 – 0,001 мм): *11* – 0–10, *12* – 10–25, *13* – 25–50, *14* – 50–75, *15* – более 75.

континента и Новосибирских островов, а также на вершинных частях мелководий: Семеновского с о. Яя, банки Вест с о. Затопляемый и банки Нерпа (рис. 1а). Подобная ситуация имеет место в пределах двух других листов карты (S-51; 52 и S-50) [Государственная… карта…, 2014, 2017]. Это мелководья, вершины которых представлены островами Песчаный, Лейкина, Аэросъемки, Самолета и безымянными банками. В районе о. Наносный на месте прекратившей существование реликтовой банки Фигурина со второй половины XX в. также происходит процесс аккумуляции современных песчаных осадков.

Частицы более мелких фракций вымываются и переносятся в более глубокие части акватории. На склонах банок преобладают алевриты, а участие песчаных частиц в их составе сокращается вниз по склону (см. рис. 1*б*). Частицы пелитовой размерности накапливаются в отрицательных формах рельефа дна, в частности, в палеодолине восточного рукава р. Яны (см. рис. 1*в*).

На Семеновском мелководье пески не только перемываются, они также идут на осадконакопление в пределах Васильевской и Семеновской банок. На Васильевской банке этот процесс стал заметен по забурунированию воды уже в 2003–2005 и 2007 гг. Распределение гранулометрического состава осадков в пределах Семеновского мелководья показывает, что сейчас оно представляет абразионно-аккумулятивное образование. Абразионными участками в основном являются пониженные части мелководья, аккумулятивными – вершинная

поверхность Васильевской банки, венчаемая островом Яя, Семеновская банка и подводная равнина, окружающая мелководье. Образовавшиеся в результате размыва отложений ЛК мелко- и среднезернистые пески переработаны морем. За период размыва гранулометрический состав толщи ЛК, по расчетам О.В. Дударева [Дударев и др., 2015; Дударев, 2016], в 3 раза обеднел частицами фракции менее 0.01 мм, в то время как частиц песчаной фракции, наоборот, стало примерно в 70 раз больше. Несмотря на потери тонкодисперсного материала в результате вымывания, Семеновское мелководье до сих пор является его источником. К этому району приурочены основные ареалы взвесей, часто регистрируемых по КС. По данным морских мониторинговых экспедиций, их концентрации достигают 22.0–26.3 мг/л, тогда как в других местах мелководья она не превышает 10 мг/л, а на участке Васильевской банки составляет 4–5 мг/л [Чаркин и др., 2015].

В ходе морского мониторинга ТОИ ДВО РАН получены данные о пространственном распределении гранулометрического состава донных отложений по профилю северо-восток–юго-запад протяженностью 140 км, а также зарегистрировано дрейфовое течение со скоростью 35–50 см/с, что, по мнению В.В. Лонгинова [1973], достаточно для срыва и переноса частиц размером до 0.5–1.0 мм. Таким образом, существует не только вынос и перемещение в понижения взвешенных частиц, но и возможность перемещения песчаных частиц. Поэтому для аккумуляции песков на Васильевской и Семеновской банках и формирования острова нет необходимости даже в штормах. Обычные, а также более сильные волнения, трансформируя литодинамический режим, формируют плохо сортированные осадки, например миктит алевритовый (табл. 1). На склоне Васильевской банки при глубине моря 7–9 м развиты умеренно сортированные мелкозернистые пески со средним содержанием модальной группы фракций 69.1 %. Вблизи подножия мелководья на глубинах моря 17 м расположена зона накопления алеврита пелитового. Ниже на глубинах 25-27 м преобладают пелиты, фиксируя зону аккумуляции (табл. 1).

Таблица 1. Гранулометрический состав отложений по профилю СВ-ЮЗ через Семеновское мелководье [Дударев и др., 2015]

Район	Глубина, м	Содержание фракций, %			Литологический тип осадка
		1-0.1 мм	0.1-0.01 мм	<0.01 мм	
Склон Васильевской банки	7-9	69.1	27.5	3.4	Мелкозернистый песок
Средняя часть мелководья	7	43.5	47.0	9.5	Миктит алевритовый
Склон Семеновской банки	10	37.9	56.9	5.2	Алеврит песчаный
Подножье мелководья	17	15.2	67.8	17.0	Алеврит пелитовый
Аккумулятивная равнина к северу от мелководья	27	4.2	28.6	67.2	Пелит алевритовый
Аккумулятивная равнина к югу от мелководья	25	0.0	6.5	93.5	Пелит

Важной закономерностью развития морских берегов в низких широтах является то, что аккумуляция и противоположный ей процесс – абразия определяются в первую очередь уклоном дна в береговой зоне. Приглубые берега преимущественно абрадируются, а отмелые являются аккумулятивными [Морская геоморфология, 1980]. Приглубые берега имеют уклон больше 0,03, отмелые – меньше 0,01 [там же].

В морях восточной Арктики широко распространены термоабразионные берега, развитые на побережьях, сложенных льдистыми отложениями ледового и аласного комплексов. Для таких берегов свойственны уклоны подводного берегового склона существенно меньшие 0,01. Так, для участков Мамонтов Клык, Терпяй-Тумус, п-ов Широкостан, Ойогосский Яр он составляет 0,0016; 0,0021; 0,0036; 0,0006 соответственно [Арэ, 2012]. Это свидетельствует о

том, что переход от донной абразии к аккумуляции на отмелых возвышенных участках шельфа (в условиях, приближенным к условиям береговой зоны) при изменении внешних условий является не только возможным, но совершенно реальным. Об этом и свидетельствует новообразование островов на отмелях в море Лаптевых.

Для отлогого дна характерно перемещение наносов в сторону суши, в ходе которого происходит дифференциация: к берегу перемещается относительно крупный материал, а мелкий уносится в море [Морская геоморфология, 1980]. Возникновение береговых баров в большинстве случаев связано с поперечным перемещением наносов по первично ровному отлогому дну. Линейно вытянутая форма, которую в настоящее время имеет вершинная часть Васильевской банки с о. Яя, свидетельствует о подобном механизме аккумуляции. Кроме этого важную роль играет бульдозерное перемещение осадков дрейфующим льдом.

Суммируя изложенное, следует сказать, что гранулометрия донных осадков соответствует современному гидродинамическому режиму. Последний, в свою очередь, обусловлен расширением свободной от морских льдов акватории, увеличением в 1.5 раза динамически активного времени и существованием большого объема оттаявших осадков, доступных для перемещения и аккумуляции.

Заключение

Дефицит осадочного материала в XVII–XVIII вв. сменяется его избытком на рубеже XX и XXI вв. в связи с активизацией деструктивных криогенных процессов: термоабразии и термоденудации берегов, термопросадок и донной термоабразии, деградации мерзлых пород сверху. В результате термоабразионный профиль подводного берегового склона на мелководьях преобразуется в аккумулятивный. Более крупный материал – песчаный – получает возможность двигаться вверх, образуя и наращивая банки и острова, более мелкий увлекается на глубину в палеодолины и отрицательные формы подводного рельефа.

Список литературы

Арэ Ф.Э. Разрушение берегов арктических приморских низменностей. Новосибирск, Академическое изд-во Гео, 2012, 291 с.

Бургуто А.Г., Дорофеев В.К., Рекант П.В. и др. Государственная геологическая карта РФ. М-б 1:1 000 000 (3-е поколение). Сер. Лаптево-Сибироморская. Лист S-53. О. Столбовой; S-54. Ляховские острова. Объяснит. записка. СПб., Картограф. ф-ка ВСЕГЕИ, 2016, 300 с.

Гаккель Я.Я. Наука и освоение Арктики. Л., Морской транспорт, 1957, 132 с.

География морей Советской Арктики // Тр. ААНИИ, т.8, вып. 2. Море Лаптевых, 1949, М.-Л., Главсевморпуть, 484 с.

Геологический словарь, т. 2. 2011, СПб, Изд-во ВСЕГЕИ, 446 с.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Лист S-51. Оленекский зал. S-52 Дельта р. Лены. Литологическая карта поверхности дна акватории. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2014.

Государственная геологическая карта РФ. М-б 1:1 000 000 (3-е поколение). Лист S-53, S-54. Острова Столбовой и Ляховские. Литолог. карта поверхности дна акватории. СПб., Картограф. ф-ка ВСЕГЕИ, 2016.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Литологическая карта поверхности дна акватории. Лист S-50.Усть-Оленек. СПб, Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2017.

Дударев О.В., Чаркин А.Н., Шахова Н.Е. и др. Особенности современного морфолитогенеза на шельфе моря Лаптевых: Семеновское мелководье (“Земля Васема”) //Докл. РАН, 2015, т. 462, № 2, с. 223–229.

Дударев О.В. Современный литоморфогенез на Восточно-Арктическом шельфе. Автореф….д. г.-м. н., Владивосток, 2016, 49 с.

Лонгинов В.В. Очерки литодинамики океана. М., Наука, 1966, 244 с.

Морская геоморфология. Терминологический справочник. Береговая зона: процессы, понятия, определения/Науч.ред. В.П. Зенковича и Б.А. Попова. М., Мысль, 1980, 280 с.

Рекант П.В., Тумской В.Е., Гусев Е.А. и др. Распространение и особенности залегания субаквальной криолитозоны в районе банок Семеновская и васильевская (море Лаптевых) по данным сейсмоакустического профилирования // Система моря Лаптевых и прилегающих морей Арктики: современное состояние и история развития. М., Изд-во МГУ, 2009, с. 332-348.

Чаркин А.Н., Дударев О.В., Шахова Н.Е. и др. Особенности формирования полей взвеси в морях Восточной Арктики // Доклады АН, 2015, т. 462, № 5, с. 595-600.

УДК 551.79

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ КОЛОНКИ AT19-22GC (ЖЁЛОБ ФРАНЦ-ВИКТОРИЯ, БАРЕНЦЕВО МОРЕ)

GRAIN SIZE COMPOSITION OF THE CORE AT19-22GC (FRANZ VICTORIA TROUGH, THE BARENTS SEA)

Попова Алена Александровна, Крылов Алексей Алексеевич
Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана имени академика И. С. Грамберга» (ФГБУ «ВНИИОкеангеология»), Санкт-Петербург

Elena Popova, Alexey Krylov
The All-Russia Scientific Research Institute for Geology and Mineral Resources of the Ocean, Saint Petersburg

Введение

Жёлоб Франц-Виктория находится в северной части Баренцева моря между архипелагами Шпицберген и Земля Франца-Иосифа, являясь наиболее глубоким и широким протоком между морем и Северным Ледовитым океаном [Kleiber et al., 2000]. Донные осадки, накапливающиеся здесь, сохраняют информацию о процессах, связанных с региональными изменениями климата, происходившими в позднем плейстоцене. Изучения гранулометрического состава осадков в северной части Баренцева моря проводились ранее [Мурдмаа и Иванова, 1999; Ivanova et al., 2002; Murdmaa et al., 2006; Polyak et al., 1997]. Содержание тонких фракций было детально измерено лишь однажды [Polyak & Solheim, 1994]. В данной работе дана характеристика гранулометрического состава осадков в колонке в контексте изменений условий среды.

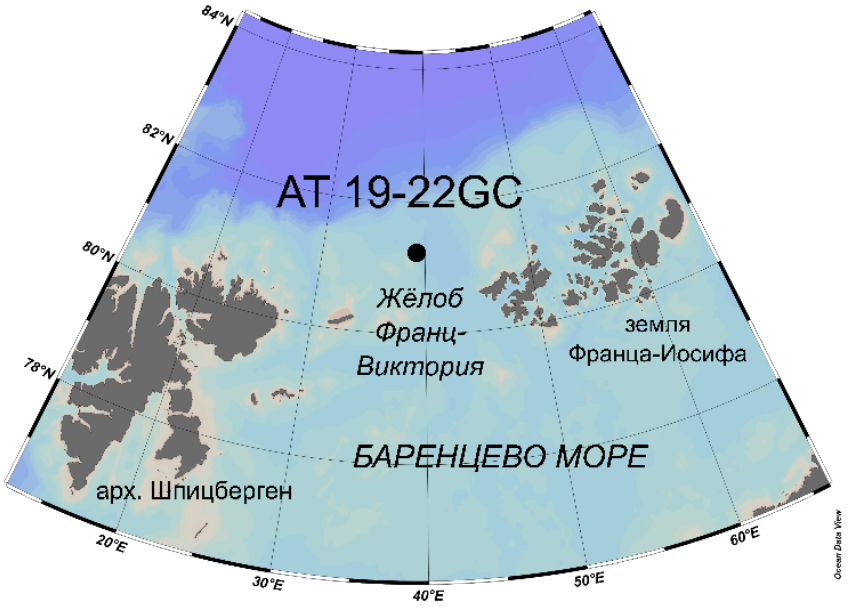


Рис 1. Место отбора колонки AT19-22 GC

Данные и методы

Колонка AT19-22GC длиной 150 см была отобрана со дна жёлоба на глубине 454 м в координатах 81°15.283' с. ш., 39°11.808' в. д. во время экспедиции Трансарктика-2019 [Фролов и др., 2019] при помощи гравитационной трубки (рис. 1).

Образцы материала в количестве 10 штук были отобраны на борту в интервалах 1-6 см равномерно по колонке. В лабораторных условиях материал был заморожен и высушен, после чего примерно 20 г осадка были разбавлены дистиллированной водой и размешивались на шейкере в течение нескольких часов для устранения аггрегатов. После этого материал был разделён на грубую (> 63 мкм) и тонкую фракции. Грубая фракция была высушена и путём сухого просеивания разделена на фракции >2000, 2000-1000, 1000-500, 500-250, 250-125 и 125-63 мкм при помощи Sonic Sifter, после чего фракции были взвешены для высчитывания массового процента. После осаждения тонкой фракции взвесь была перенесена в цилиндры объёмом 400 мл, куда было добавлено по 100 мл 10% р-ра перекиси водорода (H_2O_2) для удаления органического вещества. После как минимум дня отстаивания смеси излишняя вода удалялась, и процентное содержание частиц в 39 фракциях от 0,7 до 63 мкм было определено при помощи SediGraph 5100. В исследовании использовалась обобщенная классификация Уддена-Вентворта [Falk and Ward, 1957].

Результаты и обсуждение

Согласно визуальному литологическому описанию, колонка сложена в основном алевропелитом, серым в нижней части и переходящим через перемежающиеся слои в коричневый в верхней (рис. 2 а). Данное описание согласуется с результатами предыдущих исследований [Ivanova et al., 2019; Lubinski et al., 2001, 1996; Murdmaa et al., 2006; Polyak & Solheim, 1994], что позволило коррелировать данные и создать предварительную возрастную модель, используя также данные гранулометрического состава. Часть колонки ниже 93-95 см отличается обилием песка и гравия, который отсутствует выше, что позволило отнести её к периоду дегляциации. Часть с 93 по 51 см отнесена к переходному периоду, а выше 51 см – к голоцену.

На рис. 2 б изображено изменение содержания всех фракций вдоль колонки. Пелит (clay, <2 мкм) преобладает в осадках колонки, его содержание колеблется от 31 до 51% с максимальной долей в средней части колонки. Содержание алеврита (silt, 2-63 мкм) минимально в дегляциале (37%), затем оно возрастает до 51% в переходный период, к началу голоцена падает, но затем резко возрастает до максимальных 62%. Содержание песка (sand, 63-2000 мкм, рис. 2 в) в дегляциале значительно выше, чем в другие периоды (13-17% против 6% и менее). Ближе к поверхности осадки становятся заметно более грубозернистыми. Содержание гравия (gravel, >2000 мкм, рис. 2 в) невелико, максимальное значение - почти 4% - замечено на глубине 120-124 см.

Можно проследить, как наличие и близость ледника влияли на режим осадконакопления. В нижней части колонки многое указывает на сильное ледниковое влияние. Это в первую очередь обилие неокатанных крупнозернистых включений – материала ледового разноса. Серая окраска указывает на восстановительные условия раннего диагенеза, а значительное количество пелита – это скорее всего осадки «ледникового молока». Так, этот слой сложен ледниково-морскими осадками, отражающими раннюю дегляциацию, когда айсберги активно откалывались от ледника. Особенностью второго слоя является его переходный характер – здесь резко снижается содержание грубой фракции, заменяемой алевритом. Цвет указывает на появление окислительных обстановок – из-за притока вод с высоким содержанием кислорода.

Слоистый характер верхней части говорит о частых резких сменах условий, а также об усилении придонных течений. Эти особенности свидетельствуют об отступании ледника и переходе к гемипелагическому осадконакоплению. Наконец, устанавливается современный режим осадконакопления: верхний слой характеризуется тёмно-коричневой окраской, говорящей об окислительная обстановке. Содержание пелита падает, а песка – растёт, это можно связать с усилением придонных потоков воды, смывающих тонкие фракции, а также, возможно, с современным айсберговым разносом с близлежащих архипелагов Шпицберген и Земля Франца-Иосифа [Мурдмаа и Иванова, 1999].

Конечно, применение более точных методов датирования позволит надёжно установить границы между периодами и отследить изменения палеообстановки. Особенно интересно уточнить границу между переходным периодом и голоценом, учитывая нечёткий литологический контакт.

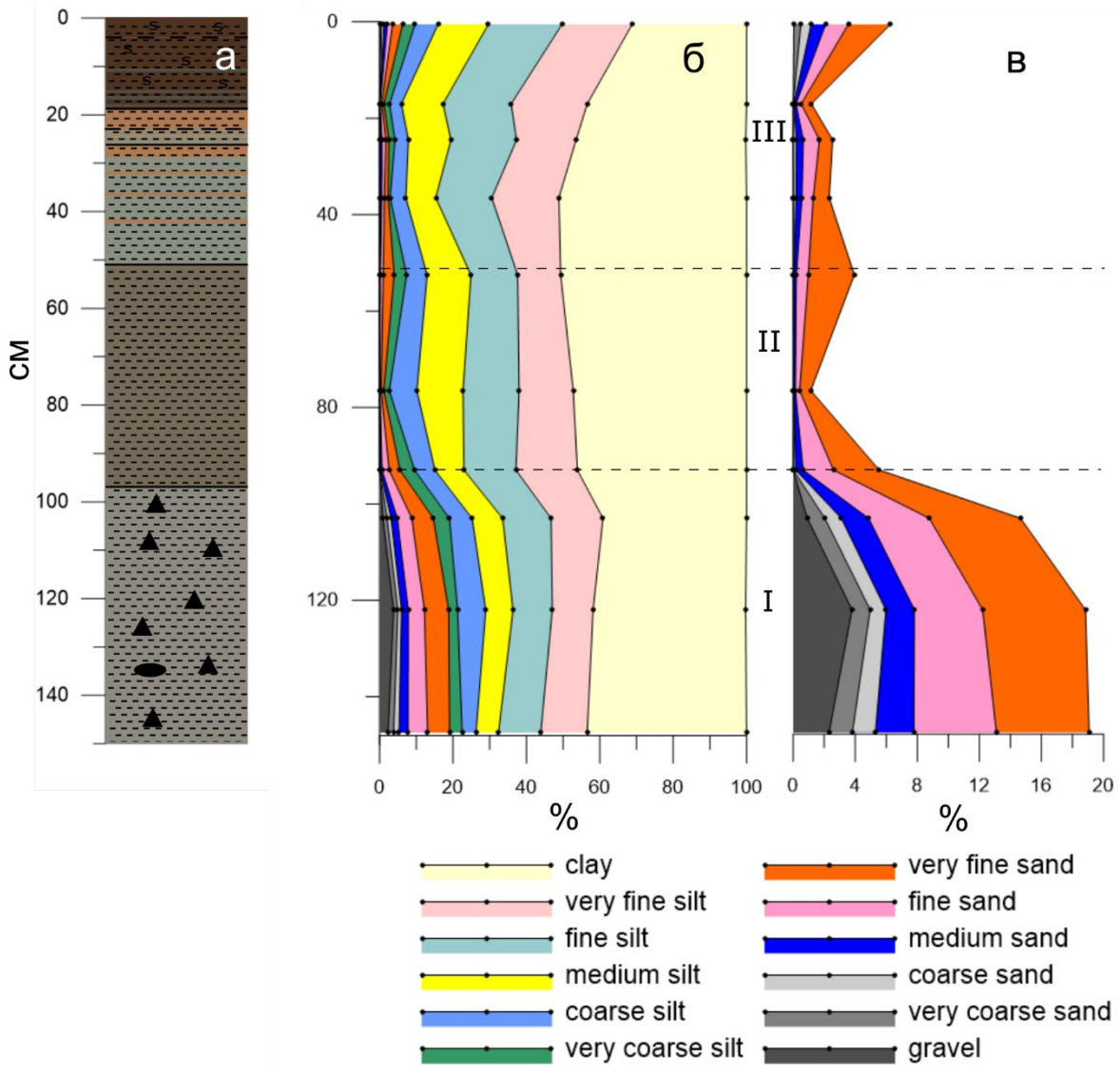


Рис 2. Литологическое строение колонки (а), кумулятивный процент содержания всех фракций осадков (б), кумулятивный процент содержания грубого материала (песок-гравий) (в).

Благодарность

Автор благодарит Российско-Германскую Лабораторию полярных и морских исследований им. О. Ю. Шмидта (ОШЛ, Арктический и антарктический научно-исследовательский институт) за предоставленные ресурсы.

Список литературы

Мурдмаа И. О., Иванова Е. В. Послеледниковая история осадконакопления в шельфовых впадинах Баренцева моря // Литология и полезные ископаемые. – 1999. – № 6. – С. 576-595.

Фролов И.Е., Иванов В.В., Фильчук К.В., Макштас А.П., Кустов В.Ю., Махотина И.А., Иванов Б.В., Уразгильдеева А.В., Сёмин В.Л., Зимина О.Л., Крылов А.А., Богин В.А., Захаров В.Ю., Малышев С.А., Гусев Е.А., Барышев П.Е., Пильгаев С.В., Ковалев С.М., Тюряков А.Б. Трансарктика-2019: зимняя экспедиция в Северный Ледовитый океан на НЭС «Академик Трёшников» // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2019. – Т. 65, № 3. – С. 255-274. https://doi.org/10.30758/0555-2648-2019-65-3-255-274

Folk R.L., Ward W.C. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters // Journal of Sedimentary Petrology. – 1957. – № 27. – P. 3–26.

Ivanova, E., Murdmaa, I., De Vernal, A., Risebrobakken, B., Peyve, A., Brice, C., Seitkalieva, E., Pisarev, S. Postglacial paleoceanography and paleoenvironments in the northwestern Barents Sea // Quaternary Research (United States). – 2019. – Vol. 92, No. 2. – P. 430–449. https://doi.org/10.1017/qua.2019.18

Ivanova, E. V., Murdmaa, I. O., Duplessy, J. C., Paterne, M. Late Weichselian to Holocene paleoenvironments in the Barents Sea // Global and Planetary Change. – 2002. – Vol. 34, No. 3–4. – P. 209–218. https://doi.org/10.1016/S0921-8181(02)00116-9

Kleiber, H. P., Knies, J., Niessen, F. The Late Weichselian glaciation of the Franz Victoria Trough, northern Barents Sea: Ice sheet extent and timing // Marine Geology. – 2000. – Vol. 168, No. 1–4. – P. 25–44. https://doi.org/10.1016/S0025-3227(00)00047-5

Lubinski, D. J., Polyak, L., Forman, S. L. Freshwater and Atlantic Water inflows to the deep northern Barents and Kara seas since ca 13-14C ka: Foraminifera and stable isotopes // Quaternary Science Reviews. – 2001. – Vol. 20, No. 18. – P. 1851–1879. https://doi.org/10.1016/S0277-3791(01)00016-6

Lubinski, David J., Korsun, S., Polyak, L., Forman, S. L., Lehman, S. J., Herlihy, F. A., Miller, G. H. The last deglaciation of the Franz Victoria Trough, northern Barents Sea // Boreas. – 1996. – Vol. 25, No. 2. – P. 89–100. https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.1996.tb00838.x

Murdmaa, I., Ivanova, E., Duplessy, J. C., Levitan, M., Khusid, T., Bourtman, M., Alekhina, G., Alekseeva, T., Belousov, M., Serova, V. Facies system of the Eastern Barents Sea since the last glaciation to present // Marine Geology. – 2006. – Vol. 230, No. 3–4. – P. 275–303. https://doi.org/10.1016/j.margeo.2006.06.001

Polyak, L., Forman, S. L., Herlihy, F. A., Ivanov, G., Krinitsky, P. Late weichselian deglacial history of the Svyataya (Saint) Anna Trough, northern Kara Sea, Arctic Russia // Marine Geology. – 1997. – Vol. 143, No. 1–4. – P. 169–188. https://doi.org/10.1016/S0025-3227(97)00096-0

Polyak, L., Solheim, A. Late-and postglacial environments in the northern Barents Sea west of Franz Josef Land // Polar Research. – 1994. – Vol. 13, No. 2. – P. 197–207. https://doi.org/10.1111/j.1751-8369.1994.tb00449.x

УДК 551.242.2

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ СОПРЯЖЕННЫХ КРАЕВЫХ ПЛАТО МОРРИС ДЖЕСУП И ЕРМАК

PHYSICAL MODELING OF THE FORMATION OF CONJUGATED MARGINAL PLATEAU OF MORRIS JESUP AND ERMAK

Агранов Григорий Дмитриевич[1,2], **Дубинин Евгений Павлович**[1], **Грохольский Андрей Львович**[1]

[1] Московский Государственный Университет им. Ломоносова, Музей Землеведения

[2] Геологический Институт Российской академии наук

Agranov Grigory Dmitrievich[1,2], **Dubinin Evgeny Pavlovich**[1], **Grokholsky Andrey Lvovich**[1]

[1] Moscow State University Lomonosov, The Earth Science Museum

[2] Geological Institute of the Russian Academy of Sciences

Океаническое раскрытие между Гренландией и Европой началось примерно 50-55 млн.лет назад. С этого момента началось формирование серии важных, специфических структур. К ним, в первую очередь, относятся микроконтиненты и краевые плато, которых в обозначенном регионе не мало, при этом они обладают различным генезисом.

В данной работе рассмотрено формирование сопряженных континентальных плато Моррис Джесуп и плато Ермек.

Плато Ермак располагается на севере Баренцево моря, у берегов Шпицбергена. С другой стороны хребта Гаккеля, на северном окончании Гренландии располагается плато Моррис Джесуп (рис. 1). Они формировали единый выступ шельфовой зоны Лавразии и при раскрытие Северной Атлантики и Арктического бассейна произошел раскол единого плато на две отдельные структуры без значительной деформации и вращения.

На Рис. 1 представлен профиль, пересекающий плато Моррис Джесуп плато Ермак и разделяющий их хребет Гаккеля. На профиле четко выделяются оба плато в виде положительных форм рельефа. Юго-восточное окончание плато Моррис Джесуп маркируется положительными магнитной и гравитационной аномалиями и сопряженными минимумами, фиксирующими краевой эффект в зоне контакта континентальной и океанической коры.

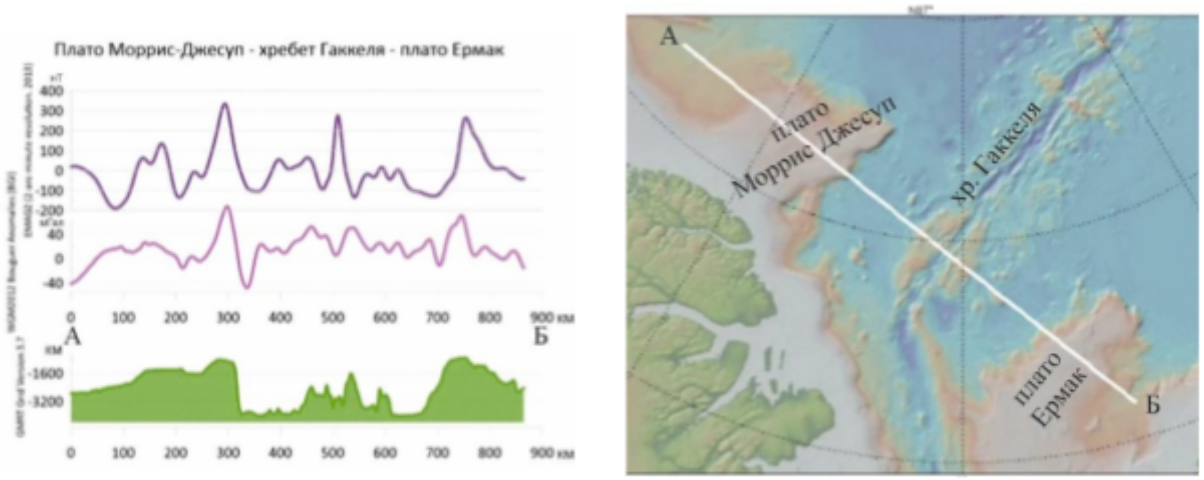


Рис. 1 Поперечный разрез через плато Моррис Джесуп, хребет Гаккеля и плато Ермак, построенные в программном пакете GeoMapApp и визуализированные в программном пакете Grapher. Фиолетовая линия – данные по магнитным аномалиям; Розовая линия – аномалия силы тяжести в свободном воздухе; Зеленый профиль – рельеф.

Метод

Было проведено моделирование условий формирования плато Моррис Джесуп и Ермак в лаборатории физического моделирования Музея землеведения МГУ. Эксперименты проводились в соответствии с условиями подобия и методиками, описанными в работе (Шеменда, 1983). Установка для моделирования представляет собой текстолитовую ванну с поршнем, движущимся с помощью электромеханического привода. Равномерное температурное поле модельного вещества обеспечивают обогреватели, расположенные внутри установки. Электромеханический привод позволяет варьировать скорости деформации модельной плиты. Применяемые методики дают возможность создавать обстановки ортогонального, или косого растяжения. Изменение длительности охлаждения при подготовке модельной плиты обеспечивает различное соотношение ее хрупкого и пластичного слоев (Грохольский, Дубинин, 2006).

Результаты

В первоначальной охлажденной модельной литосфере удалялась половина модельной литосферы и вещество повторно охлаждалось. Таким образом создавалась в модели граница континент-океан. При задании границы создавалась ярко выраженная неровность, которая в последствии и должна будет расколоться, сформировав два плато. Далее, в силу особенности модельной установки, задавалась ослабленная зона в районе неровности границы континент-океан. Это было необходимо для имитации рифтовой зоны хребта Гаккеля проникающей в пределы утоненной континентальной коры и для локализации напряжений. После 3-го охлаждения запускался электропривод и начиналось ортогональное растяжение. В итоге, на начало эксперимента, было 3 различающиеся по мощности типа модельной литосферы:

1) Мощная континентальная модельная литосфера;
2) Средней мощности океаническая модельная литосфера;
3) Маломощная утоненная континентальная модельная литосфера.

После начала растяжения зарождалась трещина. Чаще всего она зарождалась в пределах ослабленной зоны и, преодолев границу континент-океан, простиралась далее в океаническую литосферу. Но в определенных экспериментах было строго наоборот и рифтовая трещина зарождалась на океанической литосфере и проникала в ослабленную зону в пределы континентальной литосферы инициируя его раскол.

После преодоление трещиной границы континент-океан первично заданная неровность в границе разбивалась на два блока, сформировав таким образов 2 сопряженных краевых плато.

Описание эксперимента №2276

После окончания охлаждения и запуска электропривода, через 15 секунд в пределах ослабленной зоны зародилась серия трещин, которые быстро соединились в одну, после чего преодолели границу континент-океан, расколов единое плато на два. (Рис. 2, фото 1). Далее трещина преодолела океаническую литосферу и в итоге сформировалась единая ось спрединга (Рис. 2, фото 2).

При дальнейшем растяжении произошел перескок оси спрединга в верхнем сегмент на один структурный вал влево (Рис. 2, фото 4).

По итогу эксперимента было получено 2 краевых плато, разделенных осью спрединга. На рис. 2 представлено сопоставление результата эксперимента и реальной батиметрической карты Северной Атлантики в районе плато Ермак и Моррис Джесуп.

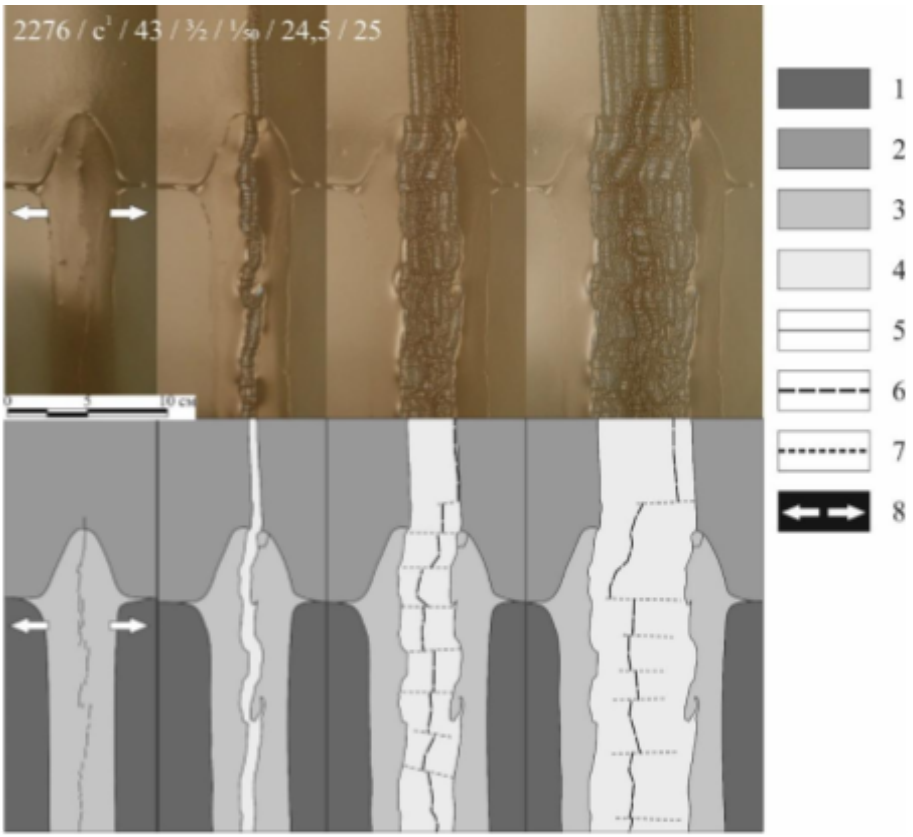


Рис. 2. 4 стадии эксперимента, фото вид сверху и структурная схема, построенная по данной фотографии. Условные обозначения: (1) – континентальная литосфера; (2) – древняя океаническая литосфера; (3) –ослабленная зона растяжения в пределах континентальной литосферы; (4) – новообразованная океаническая литосфера; (5) – границы между зонами; (6) – действующая ось спрединга; (7) – зоны поперечных смещений; (8) – направление растяжения.

Список литературы

Дубинин Е. П. Геодинамические обстановки образования микроконтинентов, погруженных плато и невулканических островов в пределах континентальных окраин // Океанология. 2018. том 58. № 3. С. 463–475

Грохольский А.Л., Дубинин Е.П. Аналоговое моделирование структурообразующих деформаций литосферы в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов // Геотектоника. 2006. Т.1 С. 76–94.

Шеменда А.И. Критерии подобия при механическом моделировании тектонических процессов // Геология и геофизика. 1983. Т.10 С.10–19.

Шрейдер А.А., Сажнева А.Э., Клюев М.С., Бреховских А.Л., Ракитин И.Я., Зуев О.А. Кинематика дна пригренландской области евразийского бассейна // Океанология. 2019. Т.59. № 2. С. 282–291

УДК 551.89

ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ КАСПИЯ В РАННЕМ НЕОПЛЕЙСТОЦЕНЕ

PALEOGEOGRAPHY OF THE CASPIAN SEA DURING THE EARLY NEOPLEISTOCENE

Янина Тамара Алексеевна[1,2], Свиточ Александр Адамович[1]
[1] *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*
[2] *Институт археологии и этнографии СО РАН, Новосибирск*

Yanina Tamara[1,2], Svitoch Aleksander[1]
[1]*Lomonosov Moscow State University*
[2] *Institute of Archeology and Ethnography SB RAS, Novosibirsk*

Введение

Интерес к истории Каспия возрастает с каждым днем. Это объясняется как географическим положением бассейна, так и его динамичной историей, тесно связанной с глобальными и региональными изменениями климата и отражающей их в своей трансгрессивно-регрессивной ритмике. В последние годы появились детальные исследования преимущественно по позднему плейстоцену и голоцену Каспия. Значительно меньше работ, затрагивающих проблемы развития региона в раннем неоплейстоцене. Основная задача представленной работы – реконструкция природной среды Каспия в раннем неоплейстоцене. Палеогеографические реконструкции основаны на материалах многолетних исследований авторов в Каспийском регионе, преимущественно опорных разрезов неоплейстоцена, расположенных на его побережьях. Естественные обнажения новейших отложений изучены комплексом методов, основное внимание уделено фациально-литологическому и биостратиграфическому (фаунистическому) анализам. К реконструкциям привлечены и опубликованные данные.

Результаты исследований

Конец апшеронского времени ознаменовался длительной тюркянской регрессией, во время которой на каспийских побережьях происходило формирование наземных и пресноводных осадков. Максимальный уровень регрессии оценивается от -150 м [Лукьянова, Никифоров, 1970] до -300 м [Мамедов, Алескеров, 1988]. Согласно материалам В.П. Гричука [1954] по Северному Прикаспию, тюркянский горизонт охарактеризован степными спектрами, в составе которых 80-100% составляют травянистые растения с господством *Chenopodiaceae* и *Artemisia*. По палинологическим данным Н.Ю. Филипповой [1997] тюркянские отложения Куринской депрессии характеризуются ксерофитным палинокомплексом. Наши материалы [Свиточ и др., 1998] по спорово-пыльцевым спектрам апшеронских отложений балки Нефтяной (Азербайджан) свидетельствуют об аридизации климата к концу апшерона. По приведенным данным можно сделать вывод о том, что тюркянский регрессивный изолированный озерный водоем существовал в условиях жаркого сухого климата. В тюркянских отложениях Азербайджана установлена граница ортозон Матуяма - Брюнес [Асадуллаев, Певзнер, 1973], которая датируется примерно 780 тыс. лет назад.

Постепенный подъем уровня в тюркянском бассейне привел к развитию бакинской трансгрессии. Первыми дидакнами, появившимися в Каспии, были *Didacna parvula*, рас-

пространенные в юго-западной области моря, и *Didacna catillus* у противоположных берегов. Эти области в предбакинское время были депрессиями, образовавшими Куринский и Западно-Туркменский заливы. Водная масса на первых этапах трансгрессии была слабо солоноватой (7-8 ‰), а ее температура - существенно ниже современной. Низкая соленость подтверждается результатами анализа фораминифер [Янко, 1989; Свиточ и др., 1992] из местонахождений бакинской фауны Азербайджана и остракод [Мамедова, 1984] из бакинских отложений Туркменистана. Согласно палинологическим материалам, полученным нами [Свиточ и др., 1998] по разрезу бакинских отложений Нефтяная балка, в раннебакинскую эпоху климат был прохладный и влажный. На более холодный и влажный климат ранних этапов трансгрессии указывают палинологическаие материалы других побережий. Дальнейшее развитие трансгрессии привело к расширению границ бассейна и заполнению бакинскими водами обширных пространств Прикаспия, они глубоко проникали по долинам Волги (севернее Волгограда) и Урала (севернее Калмыково). Вдоль кавказского побережья бакинская трансгрессия захватила лишь неширокую полосу суши, к западу от Махачкалы ее береговая линия располагалась у подножия передовых хребтов Дагестана.

В составе малакофауны появились новые виды, абсолютное преобладание перешло к двустворкам, отличающимся крупной и толстостенной раковиной. Ко времени максимального распространения бакинской трансгрессии состав фауны был богат таксономически и обилен количественно [Янина, 2012]. Воды южной части Каспия отличались высокой соленостью (14-16‰) и высокой температурой мелководий. Отложения этой эпохи отличаются высокой насыщенностью раковинами моллюсков. Биоценозы Среднего Каспия также отличались богатством видами. На мелководьях у азербайджанских берегов были распространены моллюски с крупными массивными раковинами *D. rudis, D. carditoides, D. eulachia*. У берегов Дагестана их состав был обогащен за счет появления редких форм, близких к тригоноидным дидакнам, − *D. golubyatnikovi, D. kovalevskii*; биоценоз отличался более мелкими раковинами, чем распространенный южнее. На восточном прибрежье Среднего Каспия обитали многочисленные *D. rudis, D. catillus, D. pravoslavlevi*. В Северном Каспии обитали *Didacna rudis, Didacna catillus grimmi* и др. Воды северной части бакинского Каспия, как и ныне, были самыми холодными и опресненными, о чем свидетельствует сравнение общего габитуса раковин одних и тех же видов из разных частей Каспия. Большее развитие в северо-западной и северной областях Каспия катиллоидных форм, более приспособленных к дефициту кислорода, свидетельствует и о большей мутности воды, вызванной потоками, поступающими с суши. Воды бассейна были не холоднее современных каспийских. Материалы микрофаунистического анализа подтверждают высокую соленость позднебакинского бассейна [Мандельштам и др., 1962; Яхимович и др., 1986; Мамедова, 1984; Янко, 1989].

О потеплении свидетельствуют спорово-пыльцевые данные. Согласно нашим материалам по разрезу Нефтяная балка [Свиточ и др., 1998], в этом районе Азербайджана господствовали лесостепи с участием дуба, каракаса, хмелеграба, указывающие на умеренно теплый и относительно влажный климат в эпоху седиментации осадков с *Didacna carditoides*. По данным Б.Д. Алескерова [1990] в предгорьях Большого и Малого Кавказа среднегодовые температуры были на 1,5-2,0°С выше. В долине р. Урал (Калмыково) было довольно тепло и сухо, преобладали безлесные ландшафты [Яхимович и др., 1986]. Южные области Каспия характеризовались аридизацией климата во второй половине бакинской эпохи [Филиппова, 1997]. Н.А. Лебедевой [1978] в прибрежно-морских отложениях с позднебакинскими дидакнами были обнаружены костеносные слои с остатками *Archidiskodon* cf. *wusti*, носорога

и других животных тираспольского фаунистического комплекса. Потепление климата достигло максимума в конце позднебакинского времени.

Данных о глубине регрессии между двумя бакинскими трансгрессиями пока нет. Согласно представлениям Г.И. Рычагова [1997], уровень раннебакинской трансгрессии был ниже нулевой отметки. Уровень позднебакинского моря, по его мнению, вряд ли превышал отметки 5-10 м абсолютной высоты. А.В. Мамедов и Б.Д. Алескеров [1988] бакинскую трансгрессию считают максимальной в неоплейстоценовой истории Каспия. Высотное положение фаунистически охарактеризованных бакинских отложений на севере междуречья Волги и Урала на отметках 30 м позволяет нам высказать предположение о более высоком стоянии вод бакинского моря (даже если учесть нахождение разреза в солянокупольном районе). На Кавказском побережье море выработало террасу, ныне расположенную на высоте 200-220 м. На Мангышлаке, Бузачах и Красноводском полуострове бакинские прибрежные отложения залегают на абс. высотах от –10 - -15 м до +20 м, а у северного чинка Устюрта предположительно бакинская терраса наблюдается на абсолютной высоте 95-100 м.

О времени существования бакинского моря можно судить по данным физико-химических методов. Так, палеомагнитные исследования [Свиточ, Куликов, 1971; Асадуллаев, Певзнер, 1973; Трубихин, 1987] показали прямую остаточную намагниченность бакинских отложений во всех изученных разрезах, свидетельствующую об их образовании позднее 780 тыс. лет. Возраст вулканического пепла в осадках разных разрезов Куринской депрессии, включающих раковины позднебакинского фаунистического комплекса, определен как 510 тыс. лет [Кошкин, 1984] и 600 тыс. лет [Ганзей, 1984]; нижнебакинская трековая дата – ~ 700 тыс. лет [Кошкин, 1984].

Судя по положению и малакофаунистическому содержанию отложений Манычской долины, в раннем неоплейстоцене открылся Манычский пролив. Распространение в его осадках представителей позднебакинского малакофаунистического комплекса свидетельствует о сбросе каспийских вод по проливу в позднебакинскую стадию развития бакинской трансгрессии. Водный поток из Каспия был существенным и достаточно продолжительным, судя по его влиянию на фаунистический облик позднечаудинского бассейна Понта [Янина, 2012].

Заключение

В начале раннего неоплейстоцена Каспий представлял регрессивный изолированный солоноватоводный тюркянский бассейн. Глобальное похолодание климата к середине раннего неоплейстоцена (МИС 16, донская ледниковая эпоха) в его начальные стадии, очевидно, вызвало уменьшение испарения как с акватории бассейна, так и на его водосборной территории, и увеличение стока, что привело к подъему уровня - произошла раннебакинская холодноводная с пониженной соленостью ингрессия в долины рек и депрессивные формы рельефа. В фазу максимального развития оледенения, в условиях холодного и сухого климата, подъем уровня в Каспии прекратился, и море регрессировало. Развитие бакинской трансгрессии было «поддержано» стоком вод в условиях деградирующего оледенения при начавшемся потеплении климата (мучкапское межледниковье). О некотором повышении температуры воды бакинского бассейна говорит увеличение размеров и мощности парвулоидных дидакн. Широкое развитие катиллоидных дидакн, менее требовательных к содержанию кислорода, по-видимому, свидетельствует об увеличении мутности бассейна в результате поступления в него большого количества речных вод, насыщенных взвесями. Развитие бакинской трансгрессии вступило во вторую фазу – позднебакинскую, воды которой при достижении уровня Манычского порога стали

поступать по Манычам в позднечаудинский водоем. С наступлением новой ледниковой эпохи (МИС 12, окское оледенение) Каспий регрессировал. Такой нам видится общая схема развития Каспия в раннем неоплейстоцене. Безусловно, на развитие событий в регионе влияли и многие другие факторы (например, тектонический), но основополагающими для развития трансгрессивно-регрессивной ритмики бассейна были изменения климата.

Работа выполнена по проекту РНФ 21-18-00552.

Список литературы

Асадуллаев Э.М., Певзнер М.А. Палеомагнитные исследования морских антропогеновых осадков хребта Малый Харами // Изв. АН СССР. Сер. Геол. – 1973. – № 1.

Ганзей С.С. Хронология палеогеографических событий позднего кайнозоя Понто-Каспия (по данным метода треков). Автореф. диссерт. – М.: МГУ – 1984. – 24 с.

Гричук В.П. Материалы к палеоботанической характеристике четвертичных и плиоценовых отложений северо-западной части Прикаспийской низменности // Матер. по геоморфол. и палеогеограф. СССР. Вып. 11. – М.: Изд-во АН СССР. – 1954. – С. 5-79.

Кошкин В.Л. Датирование вулканических пеплов из четвертичных и неогеновых отложений по трекам от осколков деления урана. Автореф. диссер. – Пермь – 1984. – 24с.

Лебедева Н.А. Корреляция антропогеновых толщ Понто-Каспия. – М.: Наука – 1978.

Лукьянова С.А., Никифоров Л.Г. К вопросу о раннечетвертичной истории Каспийского бассейна // Комплексные исследования Каспийского моря. В. 1. – М.: МГУ – 1970.

Мамедов А.В., Алескеров Б.Д. Палеогеография Азербайджана в раннем и среднем плейстоцене. – Баку: ЭЛМ. – 1988. – 158 с.

Мамедова Д.Н. Смена комплексов остракод на границе апшеронского яруса и бакинского горизонта (материалы по стратотипу бакинского горизонта) // Изв. АН АзССР. Сер. наук о Земле. – 1984. – № 2. – С. 127-130.

Мандельштам М.И., Маркова Л.П., Розыева Т.Р. Остракоды плиоценовых и постплиоценовых отложений Туркменистана. – Ашхабад: АН Туркм.ССР. – 1962. –289 с.

Попов Г.И. Плейстоцен Черноморско-Каспийских проливов. – М.: Наука – 1983. – 216 с.

Рычагов Г.И. Плейстоценовая история Каспийского моря. – М.: МГУ. – 1997. –267 с.

Свиточ А.А., Куликов О.А. Рекогносцировочные палеомагнитные исследования Горы бакинского яруса на Апшеронском полуострове // Хронология ледникового века. – Л. – 1971.

Свиточ А.А., Шумова Г.М., Янина Т.А. Строение и палинология опорного разреза каспийского плейстоцена Мишовдаг // Докл. РАН. – 1998. – Т. 363. – № 5.

Свиточ А.А., Янина Т.А., Янко В.В. Биостратиграфия разреза Гора бакинского яруса // Изв. РАН. Сер. геолог. – 1992. – № 2.

Трубихин Р.М. Палеомагнитный метод и датирование региональных геологических событий Понто-Каспия // Новые данные по геохронологии четвертичного периода. – М.: Наука – 1987. – С.150-156.

Филиппова Н.Ю. Палинология верхнего плиоцена – среднего плейстоцена юга Каспийской области. – М.: ГЕОС – 1997. – 164 с.

Янина Т.А. Неоплейстоцен Понто-Каспия: биостратиграфия, палеогеография, корреляция. – М.: МГУ – 2012 – 264 с.

Янко В.В. Четвертичные фораминиферы Понто-Каспия. Автореф. диссерт. на соиск. уч. ст. д. г-м. н. – Одесса – 1989. – 48 с.

Яхимович В.Л., Немкова В.К., Дорофеев П.И. и др. Плейстоцен нижнего течения р. Урал. – Уфа: БФАН СССР – 1986. – 135 с.

УДК 550.4.02

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЮМИНЕСЦЕНТНО-БИТУМИНОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО МАТЕРИАЛАМ ЭКСПЕДИЦИИ TTR-20)

PRELIMINARY RESULTS OF LUMINESCENCE-BUTUMINOLOGICAL ANALYSIS OF ORGANIC MATTER OF BOTTOM SEDIMENTS OF THE NORTHERN BARENTS SEA (TTR-20 EXPEDITION MATERIALS)

Кирсанова Анастасия Александровна, Видищева Олеся Николаевна, Полудеткина Елена Николаевна, Ахманов Григорий Георгиевич, Томасенко Сергей Васильевич, Дралина Елизавета Михайловна, Богданов Александр Александрович
Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Москва

Kirsanova Anastasia Aleksandrovna, Vidishcheva Olesya Nikolaevna, Poludetkina Elena Nikolaevna, Akhmanov Grigorii Georgievich, Tomasenko Sergey Vasilievich, Dralina Elizaveta Mikhailovna, Bogdanov Alexander Alexandrovich
Lomonosov Moscow State University, Moscow

Введение

С 14 сентября по 14 октября 2021 года состоялась научно-исследовательская экспедиция TTR-20 на НИС «Академик Николай Страхов» в северную часть Баренцева моря. В ходе экспедиции было отобрано 142 образца для дальнейших исследований органического вещества донных илов. Работа посвящена изучению битуминозности донных отложений самого северного полигона работ экспедиции TTR-20.

Методика исследования

При выборе расположения станций пробоотбора использовались данные сейсморазведки с электроискровым источником, акустической съемки с профилографом и многолучевым эхолотом. Отбор образцов керна выполнялся ударной трубой длиной 3 м и внутренним диаметром 120 мм. Из каждого поднятого на борт керна отбирались участки по 10 см с интервалом 20 см для комплекса геохимических исследований, в том числе люминесцентно-битуминологического анализа.

Для проведения люминесцентно-битуминологического анализа в пробирку насыпалось 3 грамма растертого в порошок сухого осадка, который заливался 5 мл хлороформа и оставлялся экстрагироваться на 24 часа в закрытой пробкой пробирке (Баранова и др., 1966). Полученные экстракты сравнивались с эталонными в УФ-освещении (рис.1А), по результатам каждому образцу присваивался балл, означающий концентрацию битумоида в растворе. Далее, во все исследуемые образцы экстрактов была опущена тонкая полоска фильтровальной бумаги размером 185 х 5 мм, и экстракты оставлялись в открытых пробирках до полного испарения хлороформа. Раствор битумоида в хлороформе поднимался вверх по бумажной полоске, и битумоид разделялся на компоненты: легкий (ЛБ), масляный (МБ), смолистый (СБ), асфальтеновый битумоид (АБ). После высыхания хлороформа на

полосках из фильтровальной бумаги оставалась вытяжка битумоида, которая также просвечивалась УФ и сравнивалась с эталонами. В УФ освещении на вытяжках определялся состав битумоида в каждом образце (рис.1), по баллу определялось количество битумоида.

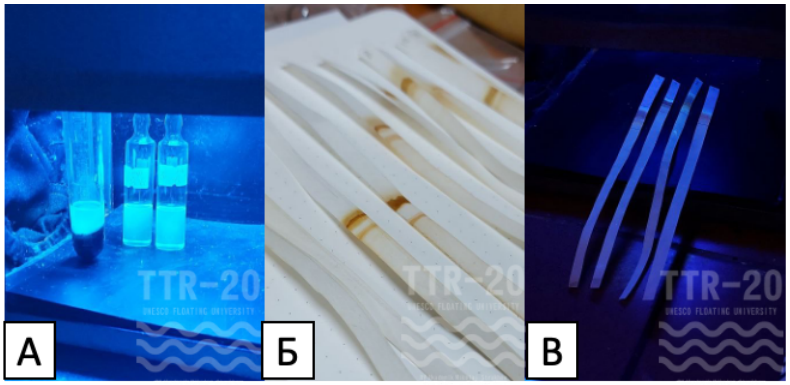


Рис.1. Люминисцентно-битуминологический анализ: А – свечение раствора битумоида в хлороформе в УФ освещении; Б – вытяжка битумоида на фильтровальной бумаге; В – свечение вытяжки битумоида в УФ освещении

Характеристика выбранных для анализа образцов

Для первых исследований был выбран самый северный полигон, получивший рабочее название «Erato» в честь древнегреческой музы. Полигон характеризуется необычной формой рельефа дна – каньоном, который мог образоваться вследствие действий ледника или благодаря тектоническим движениям (рис.2А). Был произведен люминесцентно-битуминологический анализ для кернов двух станций: TTR20-AR190G, который был отобран в каньоне, и TTR20-AR192G, который был отобран на небольшом отдалении от каньона (рис.2Б).

На рисунке 2 представлены геофизические данные с мест донного пробоотбора исследованных кернов. Керн TTR20-AR190G отобран из самой глубоководной точки (392 м) полигона Erato, а керн TTR20-AR192G отобран в месте выхода коренных пород, по которым возможна миграция флюидов. По этим данным можно предположить, что в донных отложениях будет зафиксировано значительное количество органического вещества, в частности, битумоидов. Данное предположение подкрепляется наличием в отобранных кернах косвенных признаков флюидонасыщенности. В керне TTR20-AR190G были обнаружены гидротроилитовые включения, а в TTR20-AR192G - крупные погонофоры и сильный запах H_2S.

Результаты люминесцентно-битуминологического анализа

На начальном этапе работ с привезенными образцами люминесцентно-битуминологический анализ был проведен для 12 образцов из двух станций полигона Erato северной части Баренцева моря. Результаты представлены на рисунке 3 в виде диаграммы. Высота столбцов – интервал отбора образцов донных отложений из керна, а длина – балл по эталону, обозначающий концентрацию битумоида.

По составу битумоиды, содержащиеся в исследованных образцах однотипные. Во всех образцах присутствуют легкие, смолистые и асфальтеновые компоненты. Редко встречаются

маслянистые компоненты (1 образец из трубки TTR20-AR192G). Присутствие в битумоиде легких и маслянистых компонентов часто указывает на миграционные процессы в донных отложениях (Бодровский, 1974).

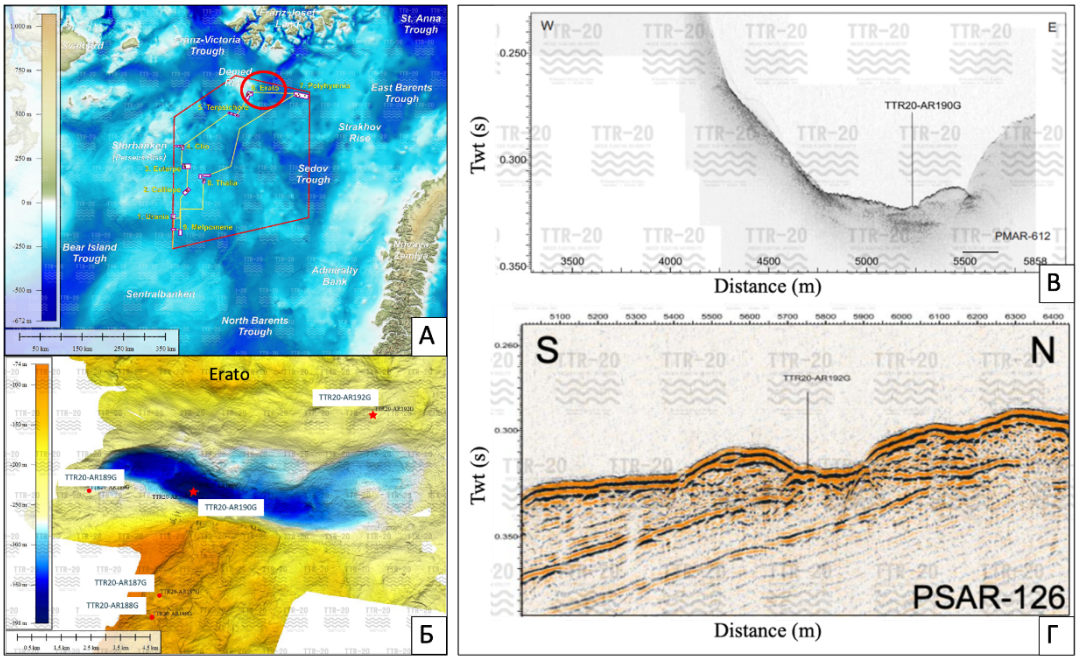


Рис.2. А – Местоположение полигона Erato в районе работ экспедиции TTR-20 (2021 год); Б – батиметрическая карта полигона Erato с расположением точек донного пробоотбора; В – фрагмент профиля профилографа TTR20-PMAR-612; Г – фрагмент сейсмоакустического профиля TTR20-PSAR-126

В среднем, в образцах зафиксированы довольно высокие концентрации битумоида в осадке – 6-9 баллов (0,005-0,04%), однако в трех образцах концентрация ниже – 5 баллов. Интересно отметить, что низкие концентрации битумоида встретились в 3 литотипе, характеризующимся алевро-глинистыми песками с редким переслаиванием алевритистых глин и песчаного алеврита. Высокие концентрации отмечаются в литотипах 1, 2 и 4. В 4 литотипе встречается и образец с относительно низким баллом 5.

Общая картина распределения концентраций битумоида у кернов TTR20-AR190G и TTR20-AR192G противоположная. В керне TTR20-AR190G с глубиной концентрация битумоида уменьшается, а в керне TTR20-AR192G наоборот, увеличивается. Такое распределение концентраций обычно наблюдается при миграции флюидов (Бодровский, 1974), и, скорее всего, предположение о миграции флюидов, полученное интерпретацией геофизических данных в области, из которой был отобран керн TTR20-AR192G, подтверждается.

В сравнении с результатами люминисцентно-битуминологических исследований органического вещества донных осадков северо-восточной части Баренцева моря по результатам экспедиции TTR-19 (2020 год), исследованные нами образцы с полигона Erato отличаются более высокими значениями концентрации битумоида в осадках, а также отличаются составом битумоида. Образцы экспедиции TTR-19 (2020 год) характеризовались средними фоновыми значениями концентрации битумоида от 3 до 7 баллов (0,000625-0,01%)

и имели преимущественно смолисто-асфальтеновый состав битумоидов осадков (Валиева и др., 2020). Образцы с полигона Erato экспедиции TTR-20 (2021 год) характеризуются более высокими баллами битумоида, от 5 до 9, и в отличие от результатов прошлого года, во всех исследованных образцах были обнаружены легкие компоненты.

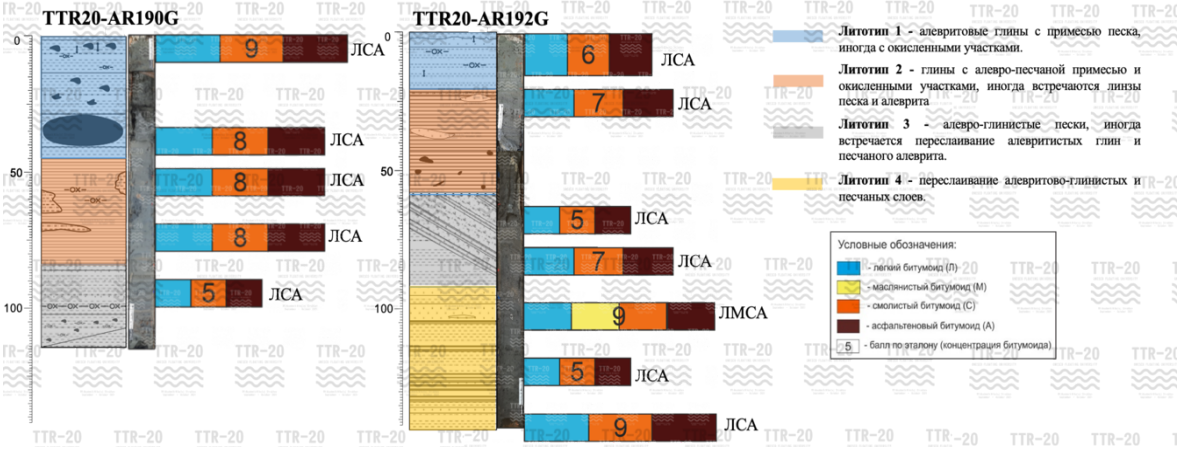


Рис.3. Литологические колонки TTR20-AR190G и TTR20-AR192G, разделенные на литотипы, с нанесенными результатами люминесцентно-битуминологического анализа по интервалам отбора образцов

Заключение

Проведены первые геохимические исследования образцов донных отложений, привезенных из экспедиции TTR-20, по результатам которых в точке отбора керна TTR20-AR192G предварительно выявлена локальная флюидоразгрузка. Ожидается, что во всех образцах, отобранных на полигоне Erato, будут зафиксированы высокие концентрации битумоида. Данная гипотеза будет проверяться дальнейшими исследованиями.

Запланировано масштабное проведение люминесцентно-битуминологического анализа, в ходе которого будут исследованы все привезенные из экспедиции образцы. Далее статистическим методом будут выявлены фоновые концентрации битумоида и аномалийные, резко отличающиеся. Керны с аномалийными концентрациями битумоида будут экстрагироваться для выделения органического вещества с последующим хроматографическим и биомаркерным анализом методом хромато-масс-спектрометрии. По результатам биомаркерного анализа будет определена природа происхождения битумоидов донных осадков. Полученные данные позволят подтвердить наличие или отсутствие флюидоразгрузки в районе исследования.

Также планируется сравнение результатов с результатами научно-исследовательского рейса TTR-19 (2020 год) и корреляция геохимических данных с результатами микробиологических исследований.

Список литературы:

1. Баранова Т.Э., Ильина А.А., Фроловская В.Н. Руководство по методике люминесцентно-битуминологических исследований. Ленинград: Недра, 1966. 112 с.
2. Бодровский О.К. Органическое вещество морских и океанических осадков в стадию раннего диагенеза. Москва: Наука, 1974. 104 с.

3. Валиева Э.И., Видищева О.Н., Полудеткина Е.Н., Егошина Е.Д., Чевелев В.К., Ахманов Г.Г. Органическое вещество донных отложений северо-восточной части Баренцева моря (по данным экспедиции TTR-19). Материалы IX Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование», Москва, 2020, 146-147 с.

УДК 550.849

СОРБИРОВАННЫЕ И ПОРОВЫЕ ГАЗЫ В ОСАДКАХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

SORBED AND PORE GASES IN BARENTS SEA SEDIMENTS

Коренкова Елизавета Сергеевна, Видищева Олеся Николаевна, Ахманов Григорий Георгиевич
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Korenkova Elizaveta Sergeevna, Vidishcheva Olesia Nikolaevna, Akhmanov Grigorii Georgievich
Lomonosov Moscow State University

Введение

Исследовательская работа посвящена изучению газовой составляющей донных осадков Баренцева моря на материалах экспедиции TTR-20, проходившей с сентября по октябрь 2021 года. Во время экспедиции было отобрано 140 образцов порового газа методом «Head-space» и для 53 из них привезён дубликат для выделения сорбированного газа в лабораторных условиях. В настоящее время активно расширяются и улучшаются научно-исследовательские базы, направленные на изучение источников природных газов в районах арктического шельфа. В работе будут рассмотрены различные методики извлечения газов из донных осадков, а также изучены молекулярные и изотопные характеристики извлеченных газов.

Район исследования

Район исследования расположен в северо-восточной части Баренцева моря (Рис. 1). В ходе экспедиции были проведены обширные геофизические, геологические, геохимические и микробиологические исследования, результаты которых лягут в основу характеристики района.

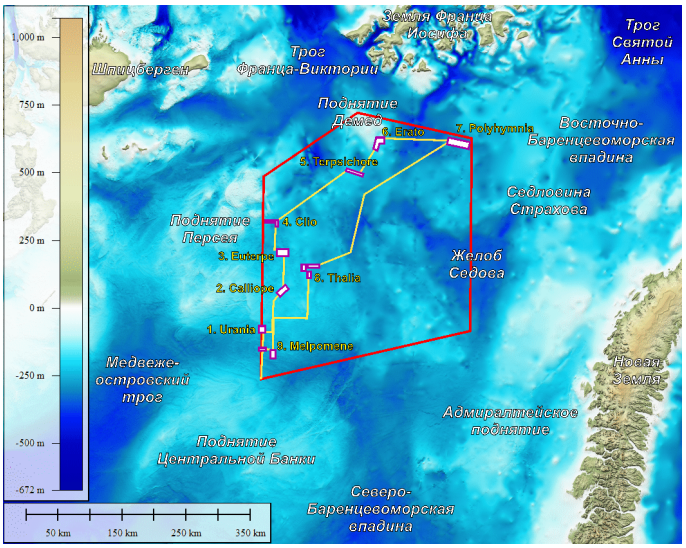


Рис. 1. Район исследования TTR-20, северный сектор Баренцева моря (отчёт TTR-20)

Данный сектор является одним из наименее изученных в западной части российской Арктики. Баренцевоморский регион считается перспективным нефтегазоносным бассейном. Важным инструментом изучения нефтегазоносности акваторий является газо-геохимическая съемка донных осадков. По результатам экспедиции TTR-19 в северо-восточной части Баренцева моря были обнаружены низкие концентрации газов в донных осадках в связи с распространением плотных глинистых накоплений, являющиеся лито-геохимическим барьером (Видищева и др., 2020).

Газы донных осадков

Газы донных осадков представляют собой большую ценность для исследователей. Геохимические исследования, в основном, применяются при поиске и разведке углеводородных месторождений, выделение перспективных зон добычи и оценке залежей.

Газы в осадках по условиям и особенностям происхождения делятся на две крупные группы: природного и техногенного (антропогенного) генезиса. В зависимости от генезиса газа его состав будет сильно различаться.

Газы природного происхождения могут быть термогенными, микробиальными и абиогенными. Термогенные газы образуются в результате термической деструкции органического вещества. Микробиальные газы формируются в результате жизнедеятельности различных организмов. Выделение газов в осадок происходит в процессе дыхания, выброса отходов метаболизма, а также в результате деятельности органов внешней секреции макро- и микроорганизмов. Содержание биогенных газов в осадках зависит от многих факторов, главными из которых являются количество органического вещества в грунте и скорость его разложения, температура и физико-химические условия среды (Грунтоведение, 2005). Газы абиогенного происхождения формируются в результате синтеза Фишера-Тропша (ФТ-синтез) (Руденко, 1969).

Газы техногенного или антропогенного происхождения - газы, возникшие в результате хозяйственной деятельности человека.

Наиболее часто встречающиеся газы в донных осадках шельфовой зоны морей – термогенные и микробиальные.

В донных отложениях газ находится в разном состоянии:

1) Свободный газ – агрегатное состояние газовых компонентов, в которых частицы газа (молекулы, атомы) движутся свободно, равномерно заполняя в отсутствие внешних сил весь предоставленный им объём в пористых и трещиноватых горных породах или растворены в поровых водах (Горная энциклопедия, 1989).

2) Сорбированный (связанный) газ – неподвижные молекулы газа, причлененные к микропорам минеральной компоненты.

Методы извлечения газов из донных осадков

В наше время существует множество методов, направленных на извлечение газовой составляющей из донных осадков. Методы извлечения газа можно подразделить в зависимости от состояния извлекаемой газовой фазы (свободное, растворенное или связанное) и способа извлечения (немеханический, механический или химический).

В зависимости от способа извлечения газ, поступающий на лабораторные исследования, может оказаться разным по генезису и времени происхождения - формирование его скоплений в донных отложениях может быть связано с различными эпизодам геологической

истории района исследований. Это важно учитывать при интерпретации данных анализов (Blumberg et al., 2016).

В работе применены следующие методы:

Метод извлечения порового газа «Headspace». Метод основан на установлении равновесной концентрации между фазами донного осадка с водой и свободным пространством (Большаков, Егоров, 1987). Позволяет извлечь газы, растворенные в поровых водах. Данный метод проводился во время дегазации донных осадков на борту судна.

Термовакуумная дегазация. Представляет собой процесс удаления газовых включений из различных материалов с помощью искусственно создаваемом вакуума в камере с одновременным нагревом. Данную технологию можно применять при очень низких концентрациях газа. Позволяет извлекать сорбированный газ.

Щелочная дегазация (метод щелочной экстракции). В методе используется щелочь в качестве активного вещества. Также во флакон с образцом добавляется инертный газ (Ar или He) для достижения давления в 1.9 бар.

Заключение

Для улучшения методики газо-геохимической исследований проведены экспериментальные работы по извлечению газа из донных осадков. В ходе экспериментов изучались способы извлечения углеводородов, связанных с минеральным компонентом или органическим веществом за счет сорбции или заключения, и углеводородов, растворенных в поровых водах.

Природа сорбированного газа до сих пор является довольно обсуждаемым вопросом, именно на него и хотелось бы найти ответ в данном исследовании – понять природу происхождения сорбированного газа, а также влияют ли на его накопления какие-то дополнительные факторы.

Для этого будет проведены исследование молекулярного и изотопного состава газов, извлеченных различными методами.

Список литературы:

Большаков А. М, Егоров А.В. Об использовании методики фазово-равновесной дегазации при газометрических исследованиях в акваториях // Океанология. – 1987. – Т.37. – № 5. – С. 861-862.

Видищева О.Н., Егошина Е.Д., Валиева Э.И., Чевелев В.К., Полудеткина Е.Н., Ахманов Г.Г. Геохимические свидетельства флюидоразгрузки в северо-восточной части Баренцева моря по данным экспедиции TTR-19 // Труды IX Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2020)». Том 1. С. 90-94.

Горная энциклопедия в пяти томах. Том 4. Ортин-Социосфера. Гл. ред. Е.А. Козловский - Москва, Издательство "Советская энциклопедия", 1989 г., 623 с.

Грунтоведение. Под ред. Трофимов В.Т. и др. Издательство МГУ, 2005, 1024 с.

Руденко А.П. Теория саморазвития открытых каталитических систем - М.: МГУ. 1969. 272 с.

Blumenberg M., Lutz R., Schlömer S., Krüger M., Scheeder G., Berglar K., ... & Weniger P. Hydrocarbons from near-surface sediments of the Barents Sea north of Svalbard–indication of subsurface hydrocarbon generation? //Marine and Petroleum Geology. 2016. Т. 76. С. 432-443

УДК 551.435.36

ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ БЕРЕГОВ ЗАЛИВА КАСАТКА (О. ИТУРУП, ЮЖНЫЕ КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА).

GEOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL COASTAL STRUCTURE OF THE KASATKA BAY (ITURUP ISLAND, SOUTH KURIL ISLANDS)

Кузнецов Михаил Аркадьевич[1,2]

[1] *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

[2] *Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, Москва*

M.A. Kuznetsov[1,2]

[1] *Lomonosov Moscow State University*

[2] *Shirshov Institute of Oceanology, RAS*

Введение

Итуруп – самый большой (площадь – 3175 км^2) и наиболее изученный остров Курильского архипелага. Он известен активностью тектонических процессов, действующими вулканами и геотермальными источниками, а также богатством ценными природными ресурсами [Атлас..., 2009]. С геоморфологической точки зрения рельеф береговой зоны острова исследован гораздо меньше [Булгаков, 1994; Афанасьев и др., 2018; Дунаев и др., 2019]. В 2019 г. в ходе экспедиции Русского географического общества “Восточный Бастион – Курильская гряда” были проведены полевые исследования в заливе Касатка, расположенного на тихоокеанской стороне острова Итуруп (рис. 1).

Материалы и методы исследования

Маршрутные исследования планировались на основе предварительного анализа топографических, геологических и геоморфологических карт разных масштабов и космических снимков открытого доступа компании DigitalGlobe (QuickBird, WorldView, GeoEye с метровым пространственным разрешением в программе GoogleEarth (https://www.google.com/earth/)). В ходе маршрутов были выполнены геоморфологические описания и профилирования берегов и выявлены их морфолитогенетические типы. Определены ведущие рельефообразующие процессы на берегах и примыкающих к ним морских террасах. Исследование геологического строения берегов залива Касатка проводилось методом шурфования и описания отложений.

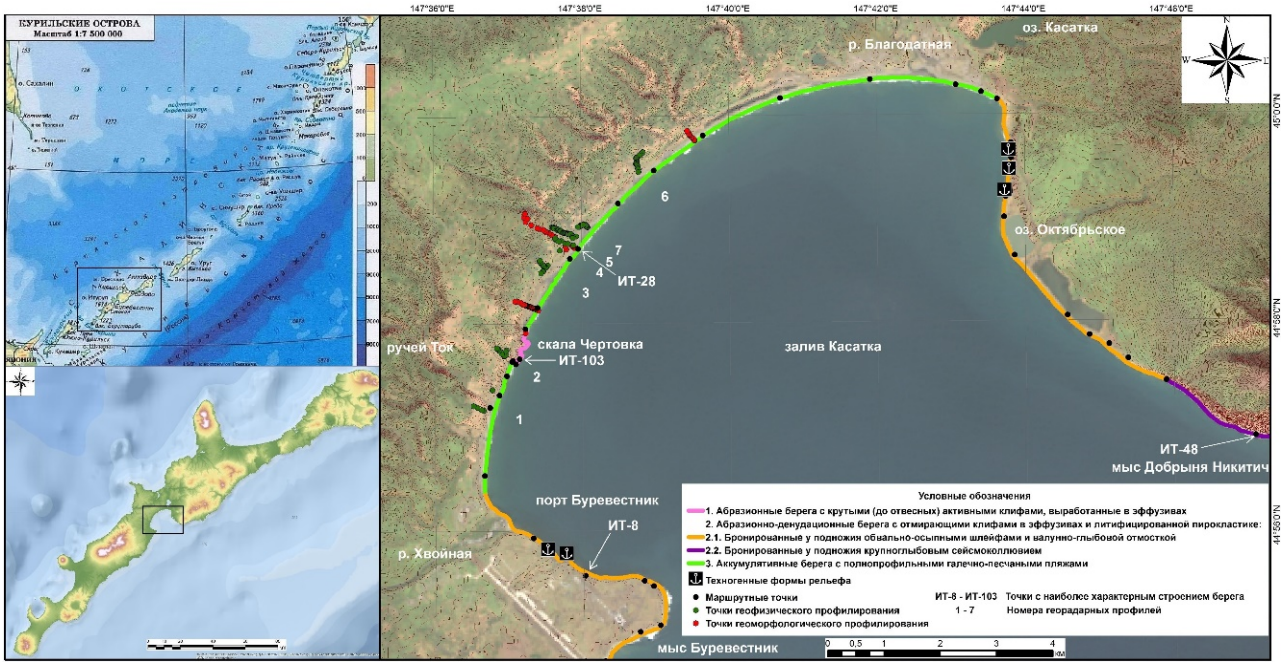


Рис 1. Карта района исследований и морфолитогенетических типов берегов залива Касатка. Исходный масштаб 1:10000

Результаты исследований и их обсуждение

Морской рельеф острова Итуруп разделяется на надводный и подводный, которые в свою очередь делятся на современный и древний. Надводный морской рельеф наиболее полно представлен в юго-западной и центральной частях острова, в том числе в заливе Касатка. В пределах залива мы выделили три морфолитогенетических типа берегов: абразионные берега с крутыми (до отвесных) активными клифами, выработанные в эффузивах, абразионно-денудационные берега с отмирающими клифами, выработанные в эффузивах и литифицированной пирокластике, и аккумулятивные берега с полнопрофильными галечно-песчаными пляжами. В основу выделения типов берегов положена морфогенетическая классификация [Ионин и др., 1961]. Распределение по их протяженности показано на рис. 1 и в табл. 1.

Таблица 1. Протяженность морфолитогенетических типов берегов залива Касатка

Тип (подтип) берега	Длина (км)	%
1. Абразионные берега с крутыми (до отвесных) активными клифами, выработанные в эффузивах	0.9	3
2. Абразионно-денудационные берега с отмирающими клифами, выработанные в эффузивах и литифицированной пирокластике	12.6	48
2.1 Бронированные у подножия обвально-осыпными шлейфами и валунно-глыбовой отмосткой	10.5	40
2.2. Бронированные у подножия крупноглыбовым сейсмоколлювием	2.1	8
3. Аккумулятивные берега с полнопрофильными галечно-песчаными пляжами	12.6	49
Всего:	26.1	100

Абразионные берега с крутыми (до отвесных) активными клифами, выработанные в эффузивах. Расположены в районе скалы Чертовка. Они приурочены к местам выхода в акваторию устойчивых к абразии эффузивов. Участок данного берега в плане имеет вид сильно изрезанных мысов сложных очертаний. В точке ИТ–103 (рис. 1) наблюдается наиболее характерное строение данного типа берега. В отвесном абразионном уступе (рис. 2) высотой 18–20 м вскрываются: *(1)* – несортированные, уплотненные щебнисто-глыбовые

отложения с песчаным заполнителем темно-коричневого цвета и с погребенными почвами. Максимальная мощность толщи до 3 м, подошва толщи довольно ровная и четкая. Судя по характеру залегания и составу отложений, это смесь пирокластического и пролювиального материала. Ниже вскрывается массивные андезитобазальты серого цвета *(2),* видимая мощность толщи около 15 м. В ряде мест наблюдается нависание кровли эффузивов над мелкими бухтами. По данным [Государственная..., 2002] возраст этих лав миоцен-плиоценовый.

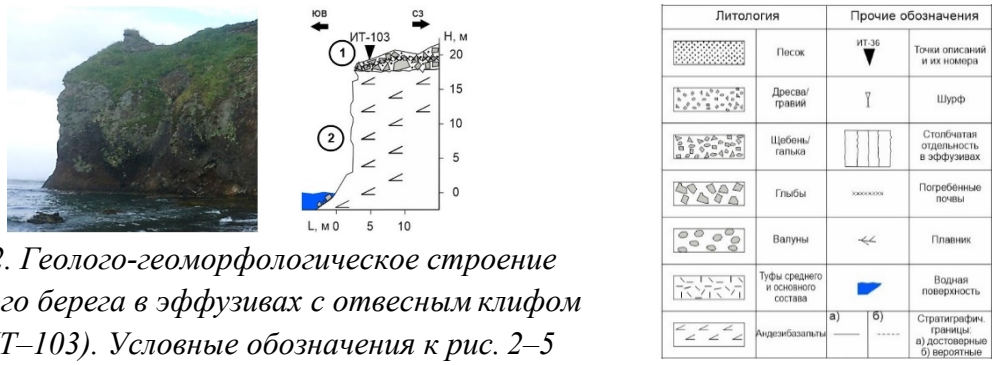


Рис. 2. Геолого-геоморфологическое строение абразионного берега в эффузивах с отвесным клифом (точка ИТ–103). Условные обозначения к рис. 2–5

У основания клифа наблюдается бенч с видимой шириной подводной части до 10–15 м. Он состоит из валунно-глыбового материала, лежащего поверх сильно раздробленной поверхности абразионной террасы. Между мысами в основании клифа наблюдаются прислоненные галечно-гравийные «карманные» пляжи шириной до 20 м. Они имеют галечную осушку, в зоне заплеска – галечные фестоны с гравием. Местами в основании клифа образовались неглубокие (до 2–3 м), разновысотные (от 2–3 до 8–9 м) волноприбойные ниши.

Абразионно-денудационные берега с отмирающими клифами, выработанные в эффузивах и литифицированной пирокластике, расположены на флангах залива (рис. 1), и их можно разделить на 2 подтипа.

Абразионно-денудационные берега с отмирающими клифами, бронированные у подножия обвально-осыпными шлейфами и валунно-глыбовой отмосткой. Такие берега развиты на флангах залива и в районе мыса Буревестник, точка ИТ–8 (рис. 1). В крутом (от 35–40° до 60°) абразионно-денудационном уступе высотой 13–15 м (рис. 3) верхние 2–3 м представлены гумуссированными суглинками темно-коричневого цвета *(1)*. Под ними вскрывается 4–5 м (видимая мощность) песков с гравием и галькой, при этом книзу количество и средний размер галек увеличивается *(2)*. По данным [Государственная..., 2002] – это отложения морского генезиса, позднеплейстоценового возраста. Морские отложения залегают на миоцен-плиоценовых эффузивах андезитобазальтового состава, которые не выходят на поверхность, однако их обломки валунно-глыбовой размерности слагают бенч и нижнюю часть клифа *(3)*.

Поверхность бенча представляет собой валунно-глыбовую отмостку шириной до 20 м, с учетом видимой подводной ее части – до 40–50 м, размеры глыб до 2–3 м. Как правило, в устьевых частях долин рек (р. Хвойная) и ручьев, впадающих в залив Касатка, наблюдаются останцы размытых аллювиально-морских террас. В этих местах отмостка наиболее широкая, до 100 м.

В валунно-глыбовой отмостке на флангах залива расположены антропогенные формы рельефа, техногенные проходы и причальные сооружения порта на мысе Буревестник. Один из таких проходов на восточном фланге залива (к северу от озера Октябрьское) использовался при высадке экспедиции в 2019 г.

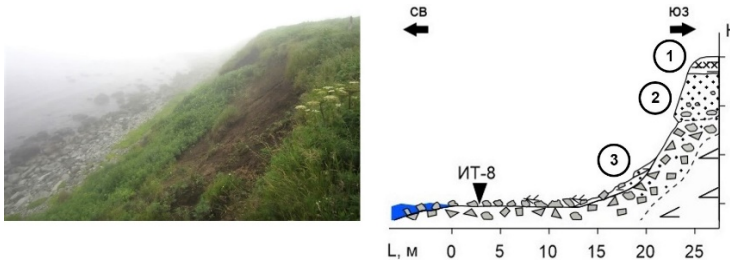


Рис. 3. Геолого-геоморфологическое строение абразионно-денудационного берега с валунно-глыбовой отмосткой (точка ИТ–8)

Абразионно-денудационные берега с отмирающими клифами, бронированные у подножия крупноглыбовым сейсмоколлювием. Расположены у мыса Добрыня Никитич на юго-востоке залива. Этот тип берега образован у подножия высоких (более 150 м) и крутых уступов, сложенных эффузивами и литифицированной пирокластикой. В крутых склонах (точка ИТ–48, рис. 1) вскрывается переслаивание эффузивов андезитобазальтового состава (1) серого цвета (с заметной крупностолбчатой отдельностью) и туфов красно-коричневого цвета (2). По данным [Государственная..., 2002] возраст этих пород плиоцен-среднечетвертичный (рис. 4).

Подножие уступа представляет собой обвальные конуса, сложенные крупноглыбовыми обломками. Главная черта таких отложений – их несортированность. Особенностью берега является то, что его образование не определяется деятельностью волновых процессов. Деформация рельефа берега имеет гравитационную и сейсмическую причины.

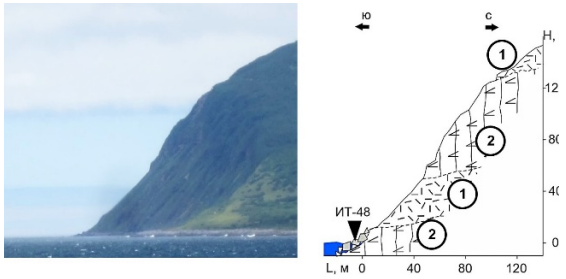


Рис. 4. Геолого-геоморфологическое строение абразионно-денудационного берега с обвальными конусами (точка ИТ–4)

Аккумулятивные берега с полнопрофильными галечно-песчаными пляжами. Наиболее выразительно этот тип берега представлен в центре кутовой части залива Касатка (рис. 1), где нами было заложено несколько геолого-геоморфологических и георадарных профилей, главный из которых находится в створе точки ИТ–28 (рис. 5).

В рельефе выражен пляж полного профиля, представленный береговым валом, шириной до 30 м, высотой 0.5–1 м, сложенный в нижней части разнозернистым песком с редкой галькой, в верхней – исключительно песком. Поверхность пляжа антропогенно нарушена. К пляжу примыкает авандюна (рис. 5, 6) шириной до 5 м, высотой до 0.5 м. В тыловой части частично задернована, иногда переходит в современную террасу 2–3 м, наиболее выраженную около приустьевых участков ручьев. Далее в сторону суши по линии профиля развита система береговых валов 5–15-метрового террасового уровня.

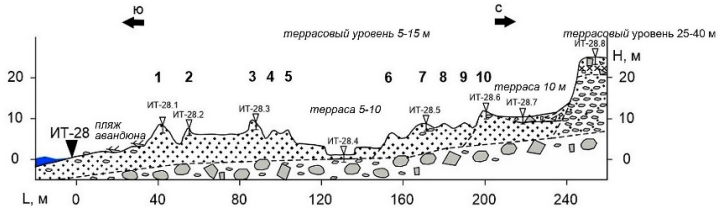


Рис. 5. Геолого-геоморфологическое строение аккумулятивного берега и низких морских террас в центральной части залива Касатка, точка ИТ–28. 1–10 – порядковые номера береговых валов



Рис. 6. Аккумулятивный берег полного профиля с песчаным пляжем и редкой галькой в заливе Касатка, точка ИТ–28

Береговые валы располагаются на довольно широкой (до 250 м) субгоризонтальной поверхности (рис. 5), на которую опираются конуса выноса из овраговидных долин и морская терраса, примыкающая к отмершему клифу высотой около 25 м. Шурфованием этой субгоризонтальной поверхности в нескольких местах, в том числе на дне широкой ложбины между 5 и 6 валом (т. ИТ–28.4, рис. 5), было установлено, что под морскими песками мощностью до 80 см вскрываются галечно-валунные отложения, с видимым размером фрагментов до 20 см. Судя по характеру отложений, слагающих эту поверхность, и наличию отмершего клифа, можно полагать, что это бенч, выработанный в пролювиальных доголоценовых отложениях, поступивших в береговую зону, предположительно, с хребта Богатырь (рис. 1).

Заключение

В заливе Касатка выделяется 3 морфолитогенетических типа берегов, из которых на аккумулятивные берега с галечно-песчаными пляжами полного профиля приходится 49% (кутовые части залива), а на абразионные и абразионно-денудационные берега – 51% (фланги залива и скала Чертовка).

Установлено, что 5–15 м аккумулятивный террасовый уровень залегает поверх древнего бенча, выработанного, по всей видимости, в пролювиальных доголоценовых отложениях, поступивших в береговую зону, предположительно, с хребта Богатырь.

Благодарности

Автор выражает признательность Русскому географическому обществу и Министерству обороны за организацию и содействие в проведении исследований.

Список литературы

Атлас Курильских островов. М., Владивосток: ИПЦ «ДИК», 2009. 516 с.

Афанасьев В.В., Дунаев Н.Н., Горбунов А.О., Уба А.В. Проявление кальдерообразующего вулканизма в формировании морского побережья (на примере о. Итуруп Большой Курильской гряды) // Процессы в геосредах. 2018. № 3 (16). с. 990–998.

Булгаков Р.Ф. История развития южных островов Большой Курильской дуги в плейстоцене. Автореферат канд. дис. М., 1994. 20 с.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Сер. Курильская. Лист L–55–XXIII, XXIX: Объясн. зап. Изд. 2–е. ФГУГПСахГРЭ, 2002. 117 с.

Дунаев Н.Н., Репкина Т.Ю., Баранская А.В., Афанасьев В.В. Современная динамика аккумулятивного берега, сложенного пирокластикой подводного вулканического извержения // Геосистемы переходных зон. 2019. Т. 3, № 2. с. 237–244.

Ионин А.С., Каплин П.А., Медведев В.С. Классификация типов берегов земного шара (применительно к картам физико-географического атласа мира) // Труды океанографической комиссии. 1961. Т. 12. С. 94–108.

https://www.google.com/earth/

УДК 550.831; 551.241

СТРОЕНИЕ СЕЙШЕЛЬСКО-МАСКАРЕНСКОГО ПЛАТО И ПРИЛЕГАЮЩИХ ГЛУБОКОВОДНЫХ КОТЛОВИН НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ И ПЛОТНОСТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

THE STRUCTURE OF THE SEYCHELLES-MASCARENE PLATEAU AND ADJACENT DEEP-WATER BASINS BASED ON THE ANALYSIS OF POTENTIAL FIELDS AND DENSITY MODELING

Коснырева Мария Владимировна[1], Рыжова Дарья Александровна[1], Дубинин Евгений Павлович[2], Булычев Андрей Александрович[1]

[1] Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Геологический факультет, г. Москва

[2] Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Музей землеведения, г. Москва

Kosnyreva Maria Vladimirovna[1], Ryzhova Darya Aleksandrovna[1], Dubinin Evgeny Pavlovich[2], Bulychev Andrey Aleksandrovich[1]

[1] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geology, Moscow

[2] Lomonosov Moscow State University, Museum of Earth Science, Moscow

Введение. Северо-западная часть Индийского океана является уникальным районом, в структуре литосферы которого встречается немало хребтов и поднятий, сложенных континентальной корой. Сейшельско-Маскаренское плато является наиболее крупной и протяженной структурой этого типа. Она включает три различных морфоструктурных фрагмента: Амирантский хребет, Сейшельскую банку и Маскаренский хребет (рис. 1).

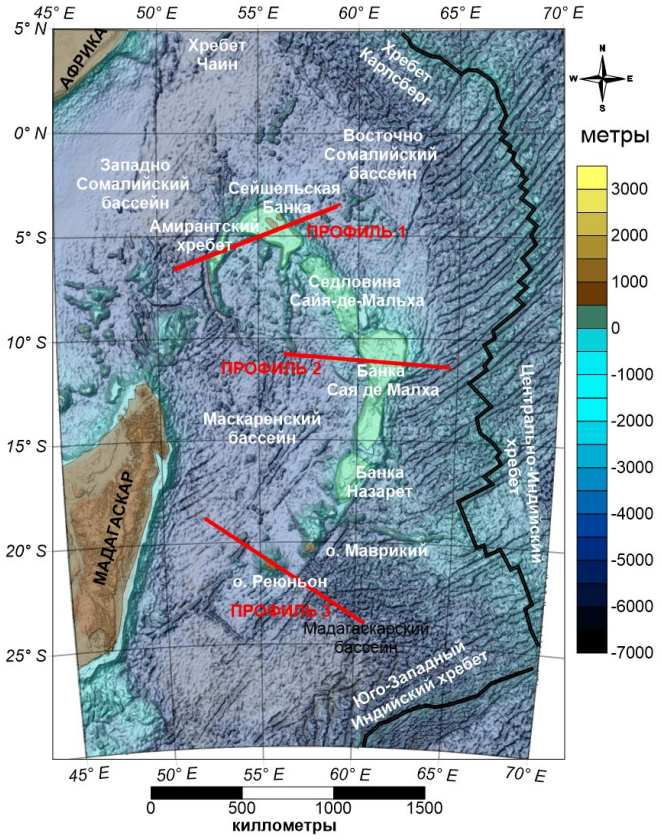


Рис. 1. Карта рельефа Сейшельско-Маскаренского плато и прилегающих котловин с расположением основных тектонических структур и профилей плотностного моделирования.

Кора Сейшельско-Маскаренского плато имеет разное строение на отдельных его фрагментах. Предположительно Сейшельская банка в значительной степени сложена докембрийским гранитным фундаментом, в строении коры Маскаренского хребта от банки Сайя де Малха до о. Маврикий превалируют палеоценовые базальты, а в коре Амирантского хребта – меловые базальты [Mart, 1988].

Океанические бассейны, окружающие Маскаренский хребет, имеют разный возраст и сложную картину эволюции. Западно- Сомалийский бассейн относится к позднеюрскому-раннемеловому периоду и связан с отделением Мадагаскара и Индии от Африки. Раскрытие Восточно-Сомалийского бассейна началась в палеоцене в связи с отделением от Индии Сейшельского микроконтинента, а формирование Маскаренского бассейна относится к позднемеловому периоду в результате отделения Индии от Мадагаскара.

Потенциальные поля района исследований. Маскаренский хребет проявлен положительными значениями аномалий поля силы тяжести. Форма аномалий практически полностью повторяет форму поднятий и седловин. Максимальные значения наблюдаются в южной части хребта, достигая 450 мГал над вулканическими островами Реюньон и Маврикий, которые проявлены изометричными локальными максимумами шириной 150-200 км. Для Амирантского хребта, Сейшельского поднятия, Банок Назарет и Сая де Малха характерны более низкие (до 120 мГал) значения аномального поля. Еще более низкие (менее 30 мГал) значения наблюдаются над Седловиной Сая-де-Малха. По периферии хребта, особенно его западной части, узкой полосой, фиксируются резко отрицательные (до -150 мГал) аномалии в свободном воздухе. В пределах глубоководных бассейнов (Сомалийского, Маскаренского и Мадагаскарского) наблюдаются близкие к нулевым значения аномального гравитационного поля.

Аномальное магнитное поле в целом имеет характерное для океанической коры полосовое строение. Наиболее ярко такая структура поля проявлена в пределах глубоководных бассейнов Восточно-Сомалийского и Мадагаскарского, расположенных по восточной периферии Маскаренского хребта. Отсутствие магнитных данных в центральной части Сейшельско-Маскаренского плато, к сожалению, не позволяет дать полноценную характеристику этого участка. Однако, стоит отметить, что по периферии плато проявлены преимущественно изометричные положительные (до 200 нТл) аномалии магнитного поля размерами 40÷50 км.

Плотностное моделирование. Двумерное моделирование выполнено вдоль трех протяженных региональных профилей, расположенных вкрест простирания Маскаренского хребта и захватывающих максимально разнородные тектонические структуры участка исследования.

Исходный структурный каркас двухмерных моделей включал пять основных слоев. Первый слой – водная толща с постоянной плотностью 1.03 г/см^3, кровля которого соответствует поверхности океана, а подошва – детальному рельефу дна океана, в качестве которого использовалась модель TOPEX (Smith, Sandwell, 2014). Второй слой – слой осадочных пород. Подошва слоя рассчитывалась с использованием значений мощности осадков модели GlobSed V.3 (Straume, Gaina et al., 2019). Этот слой так же задавался с постоянной плотностью, равной 2.0 г/см^3, – априорно среднее значение для осадочных пород исследуемого района. Следующий слой – океаническая кора с переменной плотностью 2.75 – 2.90 г/см^3, подошва которой определяется границей Мохоровичича (Мохо). Глубина границы Мохо рассчитывалась с использованием следующей аналитической зависимости: $H_{moho} = 30 - 3.54 \cdot h$, где h – глубина рельефа дна осредненная в окне 100 км. Четвертый слой –

консолидированная мантия с плотностью 3.25 – 3.30 г/см^3. Глубина подошвы определялась по аналитической зависимости «возраст дна – мощность литосферы» (Лукашевич, Приставакина, 1984; Muller et al., 2008). Последний слой – астеносфера с плотностью, меняющейся от спредингого хребта в сторону возрастания от 3.00 г/см^3 до 3.20 г/см^3. Область моделирования ограничена горизонтальной границей на глубине 100 км.

Заключение. Для выявления особенностей тектонических структур был проведен анализ потенциальных полей, а также проведено плотностное моделирование тектоносферы по профилям, проходящим вкрест Сейшельско-Маскаренского плато через его северный, центральный и южный сегменты.

Западно-, Восточно-Сомалийская, Маскаренская и Мадагаскарская котловины в потенциальных полях отображаются значениями, типичными для океанической коры. В магнитном поле они выделяются знакопеременными линейными аномалиями, имеют разный возраст и отражают сложную картину распространения морского дна. В поле силы тяжести в редукции Буге – повышенными до 450 мГал значениями поля, в свободном воздухе – наблюдаются близкие к нулевым значения аномального гравитационного поля. На профилях 1–3 мощность земной коры составляет 10–14 км, значения плотности лежат в интервале 2.74–2.84 г/см^3

В потенциальных полях Амирантский хребет, банки Сейшельская и Сая де Малха имеют наиболее низкие значения в гравитационное поле (до 30 мГал), что, по мнению большинства исследователей, свидетельствует о континентальной природе, слагающей их коры. Этот факт подтверждается также результатами морского бурения, вскрывшего гранитоиды позднепротерозайского возраста. На основании плотностного моделирования значения мощности коры достигают здесь, значений 18 и 30 км, соответственно. В плотностной модели Сейшельская банка имеет более плотное строение (2.77 – 2.84 г/см^3) по сравнению с банкой Сая де Малха (2.72 – 2.73 г/см^3), что говорит об их разном происхождении. Для Амирантского хребта значения составляют – 2.72 – 2.74 г/см^3.

Для острова Реюньон характерна увеличенная мощность коры до 25 км. Плотность блоков коры в центральной части, непосредственно под островом достигает 2.9 г/см^3 по периферии уменьшается до 2.77 г/см^3, что может говорить о значительной роли магматических пород и андерплейтинга, связанных с плюмовой активностью, в формировании структуры его коры.

Список литературы.

Пущаровский М.Ю. Тектонические типы глубоководных впадин Индийского океана. ГЕОТЕКТОНИКА. 2007. №5. С. 23–37.

Шайхуллина А.А., Дубинин Е.П., Булычев А.А., Барановский М.С., Грохольский А.Л. Строение литосферы и условия формирования Чагос-Лаккадивского хребта (плотностное и физическое моделирование) // Вестник КРАУНЦ. Серия: Науки о Земле. 2020. № 4. С. 36-48.

Ashwal, L.D., Demaiffe, D., Torsvik, T.H. Petrogenesis of Neoproterozoic granitoids and related rocks from the Seychelles: the case for an Andean arc origin. // J. Petrol. 2002. Vol. 43. P. 45–83.

Ashwal L. D., Wiedenbeck M., Torsvik T. H. Archaean zircons in Miocene oceanic hotspot rocks establish ancient continental crust beneath Mauritius// Natural communications. 2017. P.1-9.

Bhattacharya G.C., Yatheesh V. Plate-Tectonic Evolution of the Deep Ocean Basins Adjoining the Western Continental Margin of India - A Proposed Model for the Early Opening Scenario. // Petroleum Geosciences: Indian Contexts. 2015. P. 1–61. DOI 10.1007/978-3-319-03119-4_1.

УДК 550.8.014

ДОННЫЕ НАКОПЛЕНИЯ В ТРОГЕ ЭРАТО ПОДНЯТИЕ ДЕМЕД

BOTTOM SEDIMENTS IN THE ERATO TROUGH OF THE DEMED RISE

Уголькова Ева Александровна, Томасенко Сергей Васильевич, Ахманов Григорий Георгевич, Соловьева Марина Андреевна
Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва

Ugolkova Eva Aleksandrovna, Tomasenko Sergey Vasilyevich, Akhmanov Grigorii Georgievich, Solovyeva Marina Andreevna
Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University, Moscow

С 14 сентября по 14 октября 2021 года состоялась экспедиция TTR-20 на НИС «Академик Николай Страхов». В ходе экспедиции были проведены комплексно геолого-геофизические исследования в северной части Баренцева моря. По результатам геофизического картирования южной части поднятия Демед была обнаружена самая глубокая структура полигона исследований «Эрато», названного так в честь одной из древнегреческих муз. Структура унаследовала название полигона исследований и была определена, как трог Эрато.

Район исследований экспедиции TTR-20 расположен между архипелагами Новая Земля и Шпицберген (рис.1). Полигон детальных исследований «Эрато» расположен южнее архипелага Земля Франца Иосифа.

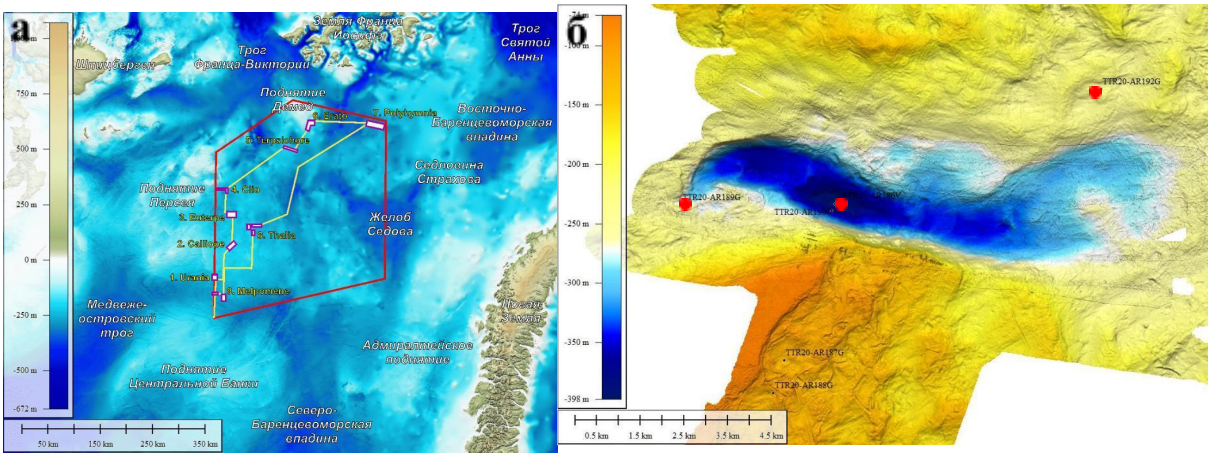


Рис. 1. (а) Батиметрическая карта района исследований, (б) Батиметрическая карта полигона детальных исследований «Эрато». Красными точками отмечены рассмотренные станции донного пробоотбора

Детальные геофизические исследования включали в себя сейсморазведку с электроискровым источником, акустическую съемку профилографом и многолучевым эхолотом. Отбор образцов осуществлялся 3-х метровой ударной трубкой с внутренним диаметром 110 мм.

В троге Эрато было выполнено 3 станции донного пробоотбора ударной трубкой суммарным выходом керна 278 см. В западной части трога отобран керн TTR20-AR198G длинной 23 см (глубина воды - 264 м). На северо-восточной границе трога отобрана трубка TTR20-AR192G, керн общей длиной 142 см, глубина воды 234 м. Также, с целью исследования наиболее глубокой части трога была отобрана трубка TTR20-AR190G. Общая мощность вскрытого разреза - 113 см, глубина воды 392 м.

По результатам предварительного геологического изучения отложений, опробованных в троге Эрато была проведена корреляция. Литологическое описание керна позволило выявить 4 основных литологических типа, встречающихся в изученных колонках керна (рис.2):

Литотип 1 представлен алевритовыми глинами с примесью песка и иногда характеризуется окисленными участками.

Литотип 2 представлен глинами с алевро-песчаной примесью и иногда с линзами песка и/или алеврита.

Литотип 3 представлен алевро-глинистыми песками с интервалами переслаивания алевритистых глин и песчаного-алеврита.

Литотип 4 представлен переслаиванием алевро-глинистых слоев с песчаными.

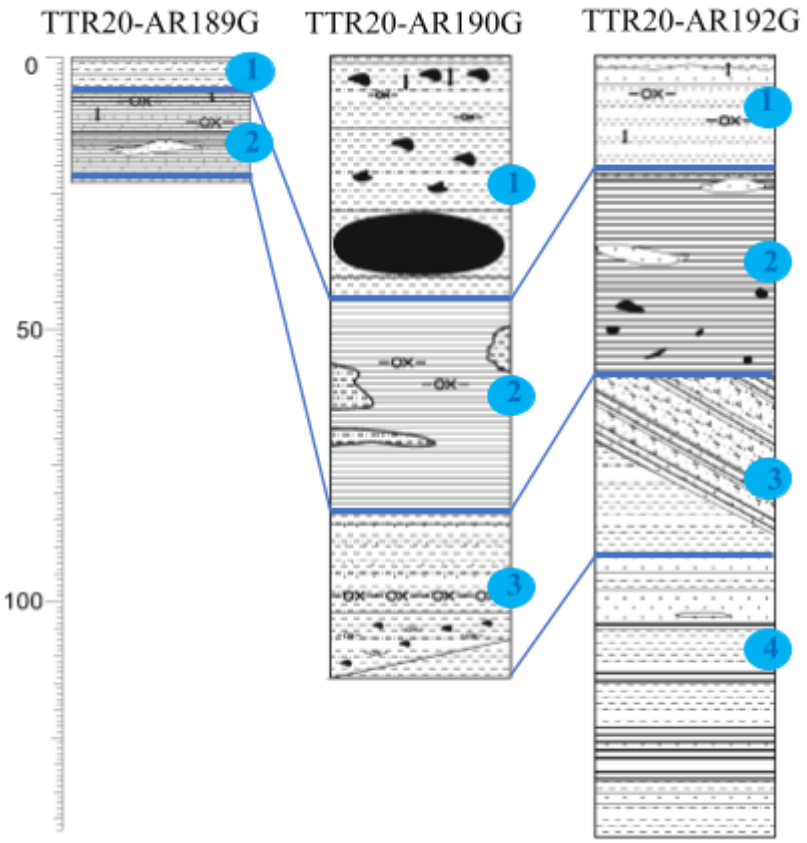


Рис 2. Литологические разрезы колонок станций TTR20-AR198G, TTR20-AR190G и TTR20-AR193G. Нумерацией обозначены выделенные литотипы

В планах дальнейшего изучения отложений трога – поинтервальный гранулометрический и петрографический анализы отобранных образцов, изучение магнитной восприимчивости отложений и генетический анализ.

УДК 551.312.48

ГЕОХИМИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ МАЛЫХ ОЗЕР ВОДОСБОРА ДВИНСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ.

GEOCHEMISTRY OF BOTTOM SEDIMENTS OF SMALL LAKES IN THE CATCHMENT AREA OF THE DVINA BAY OF THE WHITE SEA

Шевченко Владимир Петрович[1], Стародымова Дина Петровна[1], Алиев Рамиз Автандилович[2], Кокрятская Наталья Михайловна[3], Чупаков Артём Васильевич[3]

[1]Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, Москва

[2]Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт", Москва

[3] Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова УрО РАН, Архангельск

Shevchenko Vladimir Petrovich[1], Starodymova Dina Petrovna[1], Aliev Ramiz Avtandilovich[2], Kokryatskaya Natal'ya Mikhailovna[3], Chupakov Artyom Vasilievich[3]

[1]Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow

[2]National Research Center "Kurchatov Institute", Moscow

[3]N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk

Введение

Уникальной особенностью озерных отложений (донных осадков) является то, что скорости их накопления в десятки, а иногда и в сотни раз выше, чем в прилегающих морях, т.е. разрешающая способность стратиграфических методов здесь намного выше, чем в морях [Субетто, 2009; Лисицын и др., 2010; Страховенко и др., 2010; Мальцев и др., 2019]. Поэтому донные осадки малых озёр являются природными архивами, изучая которые учёные узнают о характеристиках окружающей среды в момент образования конкретного слоя осадочной толщи, в том числе и о поступлении ряда тяжелых металлов из атмосферы [Johansson et al., 1995; Smol, 2002; Shevchenko et al., 2018]. Для оценки сравнительной интенсивности поступления тяжелых металлов из атмосферы наиболее информативными являются свинец, кадмий, мышьяк, сурьма, активно аккумулируемые органикой и слабо участвующие в диагенетических процессах. В водосборном бассейне Белого моря и на прилегающих территориях наиболее детально изучено накопление тяжёлых металлов донными осадками озёр Мурманской области и Республики Карелия [Моисеенко и др., 1997; Даувальтер, 2006; Слуковский, 2020]. Озёра Архангельской области изучены значительно меньше [Шевченко и др., 2012; Стародымова и др., 2016].

В докладе представлены результаты исследования многоэлементного состава верхнего слоя (до глубины 32–34 см) донных осадков двух малых озёр водосбора Двинского залива Белого моря.

Материалы и методы

Содержание химических элементов в донных осадках двух малых озёр водосбора Двинского залива Белого моря (озера Пикалёво, расположенного в фоновом районе в 70 км на запад от г. Северодвинска, и озера Заднего, расположенного в 20 км на юго-восток от г. Архангельска вблизи шоссе Архангельск–Вологда) было изучено авторами в пробах, отобранных с помощью трубок гравитационного типа с вакуумным клапаном. Расположение озёр, в которых были отобраны керны донных отложений, показано на рис. 1.



Рис. 1. Схема расположения изученных озёр

В лаборатории пробы донных отложений были высушены и измельчены до состояния пудры, после чего проанализированы. Для оценки скорости осадконакопления была измерена активность ^{210}Pb, которая определялась гамма-спектрометрически по линии 46.5 кэВ с помощью спектрометра с планарным полупроводниковым детектором из сверхчистого германия GLP-36360/13P4. Дополнительно гамма-спектрометрически определяли ^{137}Cs по линии 661,6 кэВ с помощью коаксиального детектора из сверхчистого германия GEM30P4-76 с относительной эффективностью 30%. Все оборудование фирмы Ortec, США.

Элементный анализ проб проведен в ФГБУН Институте проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов РАН (ИПТМ РАН). Для определения элементного состава навески растертых проб массой 100 мг были разложены в тефлоновых стаканах смесью кислот ($HClO_4$, HF, HNO_3, HCl, H_3BO_3). Содержание Li, B, Na, Mg, Al, P, S, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Sr, Ba в пробах определяли методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (iCAP-6500, Thermo Scientific, США). Содержание Li, Be, B, Al, P, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Se, Rb, Sr, Y, Zr, Mo, Nb, Rh, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, Cs, Ba, РЗЭ, Hf, Ta, W, Re, Ir, Pt, Au, Tl, Pb, Bi, Th и U в образцах определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (X-7, *Thermo Elemental*, США). Более подробно методика элементного анализа описана в работе [Карандашев и др., 2016].

Результаты и их обсуждение

В мелководном озере Пикалёво на Онежском полуострове Белого моря (максимальная глубина 6 м) в точке с глубиной 4 м была отмечена низкая скорость осадконакопления – 0,75 мм/год. Донные осадки этого озера в верхних слоях представлены алевро-пелитами и пелитами с высоким содержанием органического вещества (гиттией). В конце февраля 2017 г. активность ^{137}Cs в поверхностном слое 0–1 см была 138 Бк/кг, в слое 2–3 см – 195 Бк/кг, постепенно снижаясь вниз по разрезу до предела обнаружения в слое 9–10 см.

В мелководном озере Заднем, расположенном на левом берегу р. Северной Двины в её нижнем течении, в точке с глубиной 3 м в феврале 2020 г. активность ^{137}Cs в поверхностном слое 0–1 см, представленным серовато-коричневой гиттией, составляла 63 Бк/кг. Распределение ^{137}Cs по глубине показывает, что скорость осадконакопления в верхних 10 см донных осадков близка к 1,5 мм/год.

В верхних 10 см донных осадков озера Пикалёво содержание Al_2O_3 варьирует от 9,5 до 11,5%, в среднем составляя 10,37% при стандартном отклонении 0,61%, а в донных осадках озера Заднего от 4,23 до 7,81%, в среднем составляя 5,97% при стандартном отклонении 1,25%. Среднее содержание Al_2O_3 в верхней части континентальной земной коры составляет 15,4% [Rudnick, Gao, 2003]. Таким образом, мы видим, что литогенный материал существенно разбавлен органическим веществом.

Сравнение полученных результатов с данными из публикаций по загрязнённым озёрам севера Европы [Rognerud, Fjeld, 1993; Johansson et al., 1995; Smol, 2002; Даувальтер и др., 2010] и по озёрам Архангельской области, расположенным в фоновых районах [Шевченко и др., 2012; Стародымова и др., 2016] показало, что аэротехногенное загрязнение донных осадков озер Пикалёво и Заднее в целом незначительное. Тем не менее, рассмотрение данных по распределению по глубине химических элементов, маркирующих аэротехногенное загрязнение донных осадков озёр [Smol, 2002], показало, что по мере углубления в толщу осадков озера Пикалёво от слоя 0–1 см до слоя 6–7 см (соответствующего по 1920-м годам) содержание Cd уменьшается от 0,42 до 0,21 мкг/г, Sb – от 0,5 до 0,23 мкг/г, Pb – от 23 до 14,3 мкг/г, Bi – от 0,23 до 0,14 мкг/г. В донных осадках озера Заднего от слоя 0–1 см до слоя 9–10 см (соответствующего 1950-м годам) содержание Cd уменьшается от 0,58 до 0,44 мкг/г, Sb – от 0,57 до 0,3 мкг/г, Pb – от 21,4 до 10,7 мкг/г, Bi – от 0,18 до 0,09 мкг/г. Вероятно, содержание Pb, Bi, Sb, Cd в донных осадках малых озёр водосбора Двинского залива в последние 70–100 лет возрастало за счёт дальнего воздушного переноса от промышленных источников и осаждения из атмосферы, как и в большинстве районов севера Европы [Johansson et al., 1995; Smol, 2002; Shevchenko et al., 2018].

Заключение

На основании результатов изучения элементного состава озёр Пикалёво и Заднее, расположенных в водосборе Двинского залива Белого моря, показано, что эти озёра не подвержены в значительной степени аэротехногенному загрязнению. Содержание Pb, Bi, Sb, Cd значительно увеличилось в донных осадках этих озер за последние 70–100 лет за счёт дальнего воздушного переноса от промышленных источников и осаждения из атмосферы, как и в большинстве районов севера Европы.

Работа была поддержана РФФИ (грант № 19-05-00938-а).

Благодарности

Авторы благодарят Белорукова С.К. за помощь в полевых работах и Карандашева В.К. за выполнения многоэлементного анализа.

Список литературы

Даувальтер В.А. Халькофильные элементы (Hg, Cd, Pb, As) в донных отложениях водных объектов водосбора Белого моря в пределах Кольского полуострова // Геохимия. – 2006. – № 2. – С. 237–240.

Даувальтер В.А., Даувальтер М.В., Кашулин Н.А., Сандимиров С.С. Химический состав донных отложений озёр в зоне влияния атмосферных выбросов комбината “Североникель” // Геохимия. – 2010. – № 11. – С. 1224–1229.

Карандашев В.К., Хвостиков В.А., Носенко С.В., Бурмий Ж.П. Использование высокообогащенных стабильных изотопов в массовом анализе образцов горных пород, грунтов, почв и донных отложений методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2016. – Т. 82. – № 7. – С. 6–15.

Лисицын А.П., Шевченко В.П., Немировская И.А. и др. Развитие четырехмерной океанологии и создание фундаментальных основ комплексного мониторинга морских экосистем (на примере Белого моря) // Физические, геологические и биологические исследования океанов и морей / Отв. ред. С.М. Шаповалов. М.: Научный мир, 2010. – С. 559–597.

Мальцев А.Е., Леонова Г.А., Бобров В.А., Кривоногов С.К. Геохимия сапропелей голоценовых разрезов из малых озер юга Западной Сибири и Восточного Прибайкалья. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2019. – 444 с.

Моисеенко Т.И., Даувальтер В.А., Родюшкин И.В. Геохимическая миграция элементов в субарктическом водоёме (на примере озера Имандра). Апатиты: КНЦ РАН, 1997. – 127 с.

Слуковский З.И. Оценка фоновых концентраций тяжелых металлов и других химических элементов в донных отложениях малых озёр юга Карелии // Вестник МГТУ. – 2020. – Т. 23, № 1. – С. 80–92.

Стародымова Д.П., Шевченко В.П., Кокрятская Н.М. и др. Геохимия донных осадков малого озера (водосбор Онежского озера, Архангельская область) // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 9. – С. 172–177.

Страховенко В.Д., Щербов Б.Л., Маликова И.Н., Восель Ю.С. Закономерности распределения радионуклидов и редкоземельных элементов в донных отложениях озер Сибири // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51, № 11. – С. 1501–1514.

Субетто Д.А. Донные отложения озер: палеолимнологические реконструкции. СПб: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2009. – 339 с.

Шевченко В.П., Алиев Р.А., Бобров В.А. и др. Эоловый материал в природных архивах // Система Белого моря. Т. II. Водная толща и взаимодействующие с ней атмосфера, криосфера, речной сток и биосфера / Отв. ред. Лисицын А.П., ред. Немировская И.А. М.: Научный мир, 2012. – С. 70–107.

Johansson K., Andersson A., Andersson T. Regional accumulation pattern of heavy metals in lake sediments and forest soils in Sweden // The Science of the Total Environment. – 1995. – Vol. 160/161. – P. 373–380.

Rognerud S., Fjeld E. Regional survey of heavy metals in lake sediments in Norway // Ambio. – 1993. – Vol. 22, No. 4. – P. 206–212.

Rudnick R.L., Gao S. Composition of the continental crust // Treatise on Geochemistry. – Vol. 3: The crust. – Amsterdam: Elsevier, 2003. – P. 1–64.

Shevchenko V.P., Lisitsyn A.P., Vinogradova A.A. et al. Dispersed sedimentary matter of the atmosphere // Biogeochemistry of the Atmosphere, Ice and Water of the White Sea: The White Sea Environment. Part I. / A.P. Lisitsyn, V.V. Gordeev (eds.). The Handbook on Environmental Chemistry. – V. 81. – Springer Nature, 2018. – P. 9–46. DOI 10.1007/698_2018_348.

Smol J.P. Pollution of Lakes and Rivers: A Paleoenvironmental Perspective. London: Arnold, 2002. – 208 p.

УДК 550.849

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ И ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ПРИДОННОЙ ФЛЮИДОРАЗГРУЗКИ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

GEOPHYSICAL AND GEOLOGICAL EVIDENCES OF BOTTOM FLUID DISCHARGE IN THE NORTHERN PART OF THE BARENTS SEA

Богданов Александр Александрович, Соловьева Марина Андреевна, Томасенко Сергей Васильевич, Дралина Елизавета Михайловна, Кирсанова Анастасия Александровна, Ахманов Григорий Георгиевич
Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва

Bogdanov Aleksandr Aleksandrovich, Solovieva Marina Andreevna, Tomasenko Sergey Vasilievich, Dralina Elizaveta Mikhailovna, Kirsanova Anastasia Alexandrovna, Akhmanov Grigorii Georgievich
Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University, Moscow

В период с 14 сентября по 14 октября 2021 года состоялся 20-ый рейс по программе TTR (Training-through-Research). Экспедиция проходила на НИС “Академик Николай Страхов” (рис.1). В ходе экспедиции были проведены комплексные геофизические и геологические исследования шельфа северной части Баренцева моря со следующими основными целями: (1) выделение, изучение и прослеживание эволюции геологических донных структур и форм рельефа, имеющих ледниковое, ледниково-морское и морское происхождение; (2) поиск признаков и изучение областей потенциальной фокусированной флюидоразгрузки УВ.

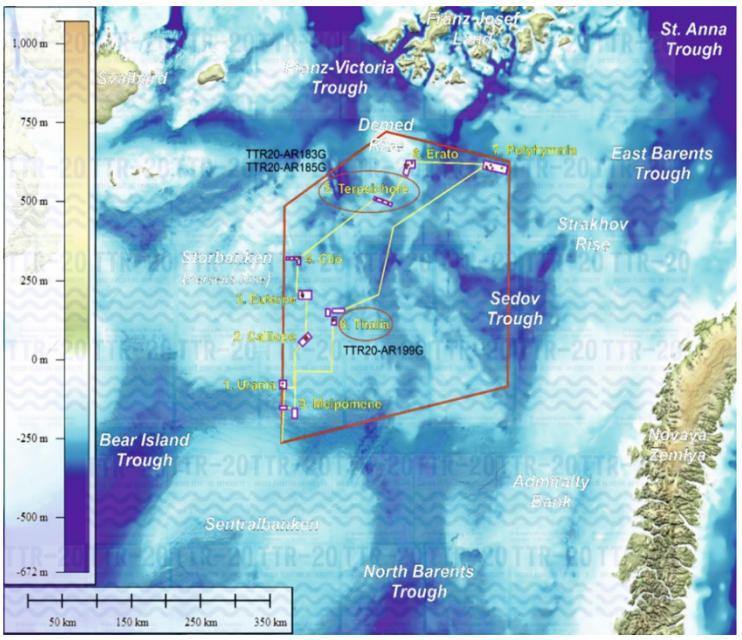


Рис.1. Карта района работ экспедиции TTR20

В работе рассмотрены результаты геолого-геофизической съёмки по двум полигонам, отличающимися наиболее обширным набором характеристик, свидетельствующих об активности флюидоразгрузки. В пределах полигонов был выполнен комплекс геофизических

исследований, включающих в себя батиметрическую съемку, профилирование с акустическим профилографом, сейсморазведку со «спаркером» и донный пробоотбор ударной прямоточной трубкой. Один из полигонов детальных исследований расположен в пределах южной части поднятия Демед и был назван в экспедиции в честь древнегреческой музы Терпсихоры. Второй полигон расположен на юго-восточном склоне Персеевского поднятия и получил название «Талия».

Целью данной работы является рассмотрение признаков потенциальной газонасыщенности отложений на основе комплекса геолого-геофизических данных. Задачи работы заключались в анализе косвенных и прямых признаков предполагаемых газовых скоплений, выделенных на сейсмоакустических профилях, признаков флюидоразгрузки в формах донного рельефа и изучение материалов донного пробоотбора.

Предположительные геофизические признаки потенциальной флюидоразгрузки представлены: а) аномалиями типа «яркое пятно» на сейсмопрофилях, в приповерхностной части разреза; б) исчезновением записи под границей газонасыщенного слоя (акустически прозрачная волновая картина). Возможные геохимические косвенные индикаторы приповерхностной флюидоразгрузки представлены: а) наличием запаха H_2S; б) пятнами окисления по каналам миграции флюидов; в) пятнами и линзами гидротроилита; г) присутствием погонофор в верхнем интервале вскрытого трубками разреза; д) отсутствием окисленного слоя в верхней части осадка.

Станция TTR20-AR183G. На сейсмоакустическом профиле (рис. 2) по геофизическим данным предположительно выделяются две аномалии типа “яркое пятно” по смене фазы отраженной волны и увеличению амплитуд. При изучении материалов пробоотбора были выделены возможные косвенные признаки флюидоразгрузки в районе отбора станции TTR20-AR183G, а именно пятна окисления по каналам миграции флюидов, редуцированный окисленный слой в верхней части разреза и присутствие погонофор в верхнем интервале.

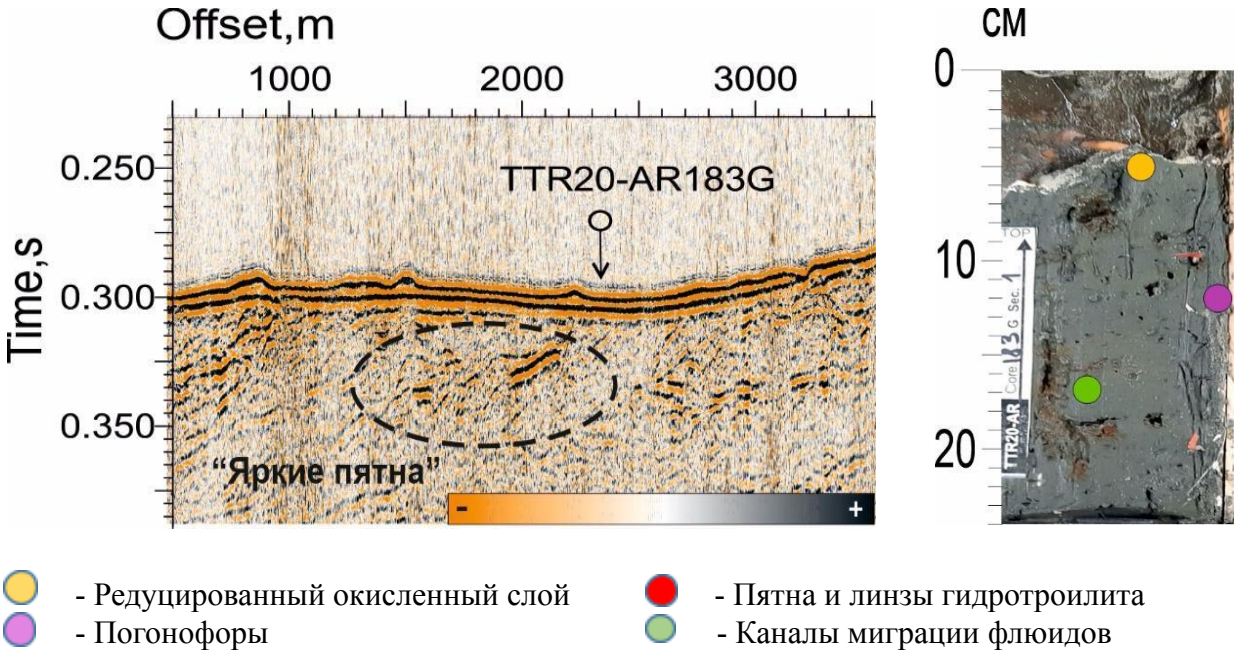


Рис.2. Сейсмоакустический профиль TTR20-AR_PSAR_124
и фрагмент керн станции TTR20-AR183G

Станция TTR20-AR185G. На сейсмоакустических профилях можно заметить возможную аномалию типа “яркое пятно” и исчезновение записи под границей газонасыщенного слоя (рис. 3). Косвенные геохимические признаки флюидоразгрузки представлены редуцированным верхним окисленным слоем, обнаруженными погонофорами, пятнами и линзами гидротроилита.

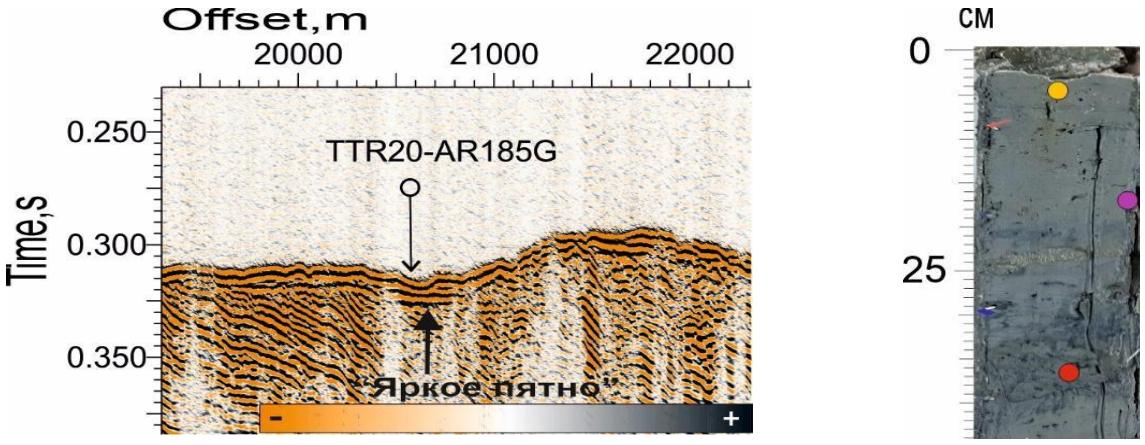


Рис. 3. Сейсмоакустический профиль TTR20-AR_PSAR_124
и фрагмент керна станции TTR20-AR185G (условные обозначения на рис. 2)

Станция TTR20-AR199G. На сейсмоакустическом профиле (рис. 4) в точке отбора пробы предположительно наблюдается разлом, по которому теоретически могли мигрировать УВ флюиды. В пределах полигона выделяется линейная структура, выраженный уступ, вероятно, тектонического происхождения, и ориентированные вдоль его подножья локальные впадины. Материалы пробоотбора также характеризуются косвенными индикаторами флюидоразгрузки: отсутствие следов окисления в верхней части разреза, повышенное содержание гидротроилита, и присутствие в разрезе каналов миграции флюидов.

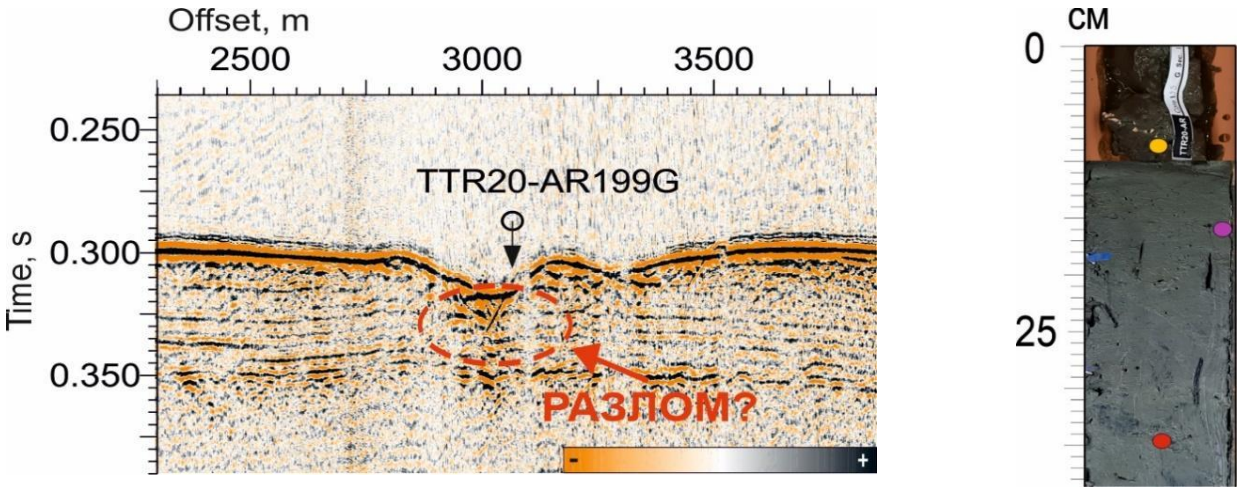


Рис. 4. Сейсмоакустический профиль TTR20-AR_PSAR_136
и фрагмент керна станции TTR20-AR199G (условные обозначения на рис. 2)

Предварительное заключение по проведенным исследлованиям:

- учитывая косвенные признаки, можно предположить флюидоразгрузку в областях отбора станций TTR20-AR183G, TTR20-AR199G, TTR20-AR185G (южный склон поднятия Демед, юго-восточный склон Персеевского поднятия);

- для дальнейшей работы намечен комплекс геохимических лабораторных исследований образцов данных станций, что позволит вынести окончательное заключение о газонасыщенности отложений в обсуждаемых локациях.

УДК 550.849

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГАЗО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДОННЫХ ОСАДКОВ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО МАТЕРИАЛАМ ЭКСПЕДИЦИИ TTR-20)

PRELIMINARY RESULTS OF STUDIES OF GASES FROM BOTTOM SEDIMENTS IN THE NORTHERN BARENTS SEA (TTR-20 EXPEDITION DATA)

Дралина Елизавета Михайловна, Ахманов Григорий Георгиевич, Видищева Олеся Николаевна, Соловьева Марина Андреевна, Манько Ирина Энверовна, Кирсанова Анастасия Александровна, Богданов Александр Александрович
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Dralina Elizaveta Mikhailovna, Akhmanov Grigorii Georgievich, Vidishcheva Olesya Nikolaevna, Solovyeva Marina Andreevna, Man'ko Irina Enverovna, Kirsanova Anastasia Aleksandrovna, Bogdanov Alexander Alexandrovich
Lomonosov Moscow State University, Moscow

Введение

В 2021 году, с 14 сентября по 14 октября, состоялась экспедиция TTR-20 на НИС «Академик Николай Страхов», в ходе которой были проведены геолого-геофизические исследования северной части Баренцева моря. В результате геофизического картирования поверхности дна были обнаружены геологические тела, образованные в ледниковых, ледниково-морских и морских условиях. Северная часть Баренцева моря характеризуется слабой геолого-геофизической изученностью, на её территории нет обнаруженных месторождений углеводородов (УВ). Геохимические исследования донных осадков могут указать на наличие здесь зон флюидоразгрузки. Результаты исследования газовой составляющей донных осадков северо-восточной части Баренцева моря экспедиции TTR-19 свидетельствуют об очень низких концентрациях УВ газов: фоновые концентрации метана составляли 4-5 ppm, а максимальные не превышали 85 ppm (Видищева и др., 2020, Соловьева и др., 2020).

Одной из главных задач экспедиции TTR-20 было геохимическое картирование с целью поиска зон флюидоразгрузки на дне акватории северной части Баренцева моря.

Район исследования

В работе рассмотрен полигон, получивший в экспедиции рабочее название «Клио», приуроченный к Персеевскому поднятию. Интерес к этому месту обусловлен обнаруженными здесь «донными воронками» (рис. 1), которые были закартированны многолучевым эхолотом. По одной из версий эти воронки могли образоваться из-за миграции термогенного газа из глубинных скоплений УВ по коренным породам, которые выходят на поверхность дна или вдоль тектонических разломов (Forwick et al., 2009).

Для подтверждения наличия термогенного газа был выполнен донный пробоотбор. В частности, на полигоне «Клио» было отработано 4 станции. Станции TTR20-AR180G и TTR20-AR179G отобраны в донной воронке. В керне станции TTR20-AR180G были

обнаружены косвенные геохимические признаки газонасыщенности осадка: редуцированный верхний окисленный слой, повышенное содержание гидротроилита, многочисленные и крупные погонофоры, каналы миграции флюидов, выполненные окисленным наилком, текстура микротрещиноватости «рокфор». В связи с этим станция TTR20-AR180G была выбрана для более подробного анализа.

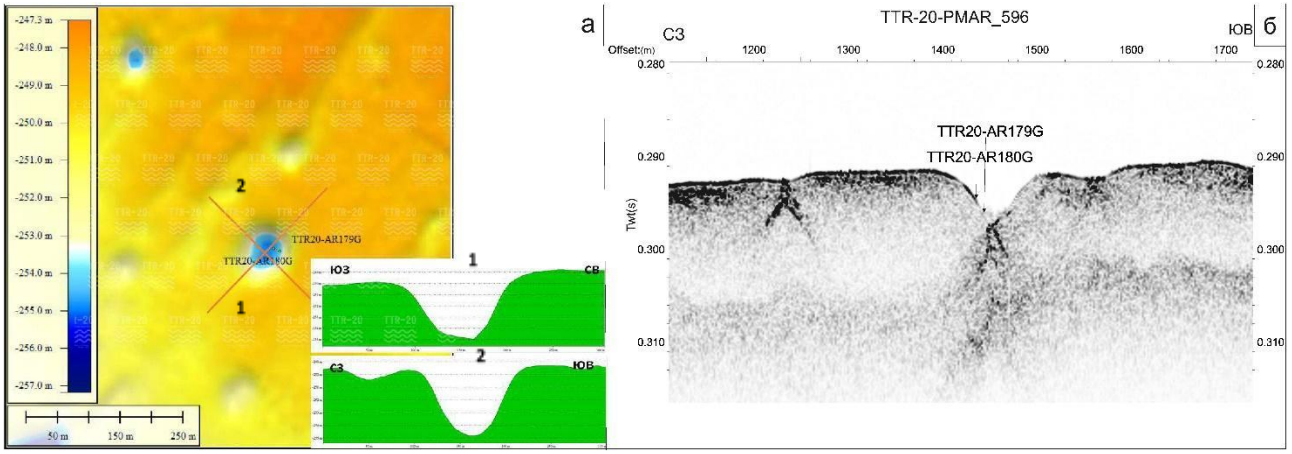


Рис 1. Расположение станций донного пробоотбора TTR20-AR180G и TTR20-AR179G: а – батиметрическая карта района структуры «донная воронка», б - фрагмент профиля профилографа TTR20-PMAR-596)

Методика исследования

Донный пробоотбор проводился с помощью ударной трубки длиной 3 м и внутренним диаметром 120 мм. Образцы морских осадков объемом 40 мл для дегазации отбирались по вертикальному разрезу керна, начиная с 5 и 25 см для сопоставления с микробиологическими исследованиями и, далее, на интервалах разреза 40, 60, 80 см. Дегазация осадков проводилась согласно стандартной методике «Head-space» (Большаков, Егоров, 1987). Полученные образцы проб газов анализировались в лаборатории геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых. Молекулярный состав газа определялся на газовом хроматографе Trace GC Ultra Thermo Finnigan, колонка Sol Varian, длина – 50 м, диаметр – 0,53 мм, сорбционный слой – 0,25 мкм. Материал напыления – Al_2O_3/Na_2SO_4. Температура испарителя – 225°С, детектора – 250°С, температурный режим колонки – ступенчатый, от 80°С до 150°С. Идентификация и интеграция пиков проводилась в программе Chrom-Card for Trace. Определение концентрации УВ газов проводилось с использованием стандарта с известными концентрациями в метрологически аттестованной газовой смеси (производство «Мониторинг», г. Санкт-Петербург, аттестация выполнена во ВГУП ВНИИМ им. Менделеева).

Результаты газо-геохимических исследований

Анализ УВ состава проб газа показал наличие метана, этана, этилена, пропана, пропилена, и-бутана, н-бутана, неопентана, и-пентана, н-пентана, 1,3-бутадиена, гексана. Концентрация метана в исследуемых образцах изменяется от 4,0 до 12,4 ppm. Количество компонентов C_{2+} в составе УВ газов изменяется от 25,6 до 33,1 %. Подобный состав УВ газов указывает на присутствие термогенного газа в донных осадках.

Определение молекулярного состава УВ газов и их концентраций является первым ключом к определению происхождения газов. Метан может формироваться в результате термокаталитических или бактериальных процессов. Считается, что пропан, бутан и пентан образуется, преимущественно, только при термической деструкции органического вещества (Abrams, 2005).

Для точного определения происхождения газов будут проведены изотопные исследования углерода алканов.

Заключение

По результатам исследований было установлено, что УВ газы из донных осадков северной части Баренцева моря состоят, преимущественно из метана с концентрациями до 12,4 ppm. Кроме метана были обнаружены компоненты C_{2+} вплоть до гексана, их концентрация в составе газовой смеси УВ достигает 33,1 %.

В дальнейшем планируется провести молекулярные исследования всех образцов газов, отобранных в ходе экспедиции TTR-20 (142 образца). По результатам исследований будут определены фоновые концентрации УВ газов в донных осадках и аномальные. Для образцов с аномальными концентрациями и составом газов будут проведены исследования изотопного состава углерода алканов, которые помогут определить источник исходного органического вещества данных газов. Полученные данные дополнят представления о геологических процессах, происходящих в северной части Баренцева моря.

Список литературы

Большаков А. М, Егоров А.В. Об использовании методики фазово-равновесной дегазации при газометрических исследованиях в акваториях // Океанология. – 1987. – Т.37. – № 5. – С. 861-862.

Видищева О.Н., Егошина Е.Д., Валиева Э.Э., Чевелев В.К., Полудеткина Е.Н., Ахманов Г.Г. Геохимические свидетельства флюидоразгрузки в северо-восточной части Баренцева моря по данным экспедиции TTR-19 // MARESEDU-2020 ТРУДЫ КОНФЕРЕНЦИИ Том I. – 2020. – С. 90-92.

Соловьева М.А., Ахманов Г.Г., Егошина Е.Д., Валиева Э.И., Видищева О.Н., Полудеткина Е.Н. Литофациальный контроль флюидонасыщенности донных отложений северо-восточной части Баренцева моря (по данным экспедиции TTR-19) // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. – 2020. – Серия 7. – С. 210-213.

Abrams M. A. Significance of hydrocarbon seepage relative to petroleum generation and entrapment //Marine and Petroleum Geology. – 2005. – №22 – С. 457–477.

Forwick, M., Baeten, N.J. & Vorren, T.O. Pockmarks in Spitsbergen fjords //Norwegian Journal of Geology. – 2009. – vol. 89 – С. 65-77.

УДК 550.8.054

ТРОГ ЭРАТО ПОДНЯТИЯ ДЕМЕД БАРЕНЦЕВА МОРЯ: СВИДЕТЕЛЬСТВА ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ (ПО МАТЕРИАЛАМ TTR-20)

THE ERATO TROUGH OF THE DEMED RISE OF THE BARENTS SEA: EVIDENCES OF ITS TECTONIC ORIGIN (TTR-20 DATA REPORT)

Королева Александра Олеговна[1], Пятилова Анна Михайловна[2], Соловьева Марина Андреевна[2], Сергеев Андрей Андреевич[3], Ахманов Григорий Георгиевич[2]

[1] Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва

[2] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

[3] ООО «Сплит», Москва

Koroleva Aleksandra Olegovna[1], Pyatilova Anna Mikhailovna[2], Solovyeva Marina Andreevna[2], Sergeev AndreyAndreevich[3], Akhmanov Grigorii Georgievich[2]

[1] Schmidt Institute of Physics of the Earth RAS, Moscow

[2] Lomonosov Moscow State University

[3] LLC "Split", Moscow

Введение

С 14 сентября по 14 октября 2021 года состоялась Международная экспедиция TTR-20 (Training-through-Research) на НИС «Академик Николай Страхов». Район работ (рис. 1) располагался между архипелагами Новая Земля и Шпицберген в северной части Баренцева моря и включал девять полигонов детальных исследований. Каждый полигон был назван именем одной из девяти древнегреческих муз. В работе представлены данные по полигону «Эрато» (др.-греч. Ἐρατώ - муза любовной поэзии).

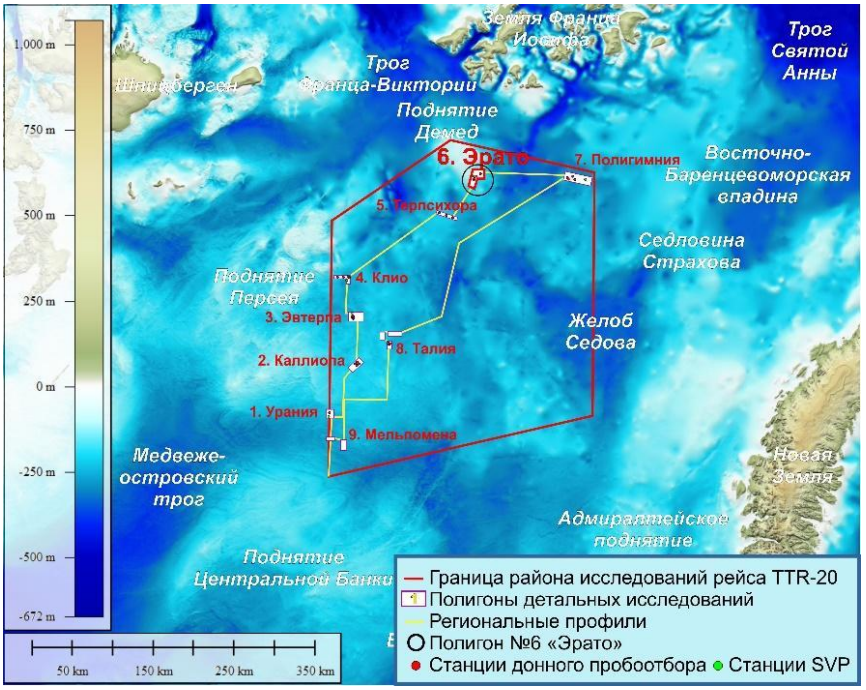


Рис 1. Карта района исследований рейса TTR-20 (2021 г.)

Цели и методика

Целями работ научной группы являлись: изучение строения верхних горизонтов осадочного чехла; изучение генезиса придонных отложений; картирование разнообразных форм суб-гляциального рельефа и изучение микроорганизмов, обитающих в донных осадках.

Полигон «Эрато» - самый северный из 9-ти исследованных полигонов (рис. 2). Изучение полигона началось с анализа фондовых материалов ФГБУ «Росгеолфонд». На данных сейсморазведки высокого разрешения (СВР) (профиль РР0823) был обнаружен фрагмент с разломной структурой, выраженной депрессией в рельефе дна. Профили акустической съемки на полигоне «Эрато» в ходе рейса TTR-20 были намечены с целью детального изучения данной структуры.

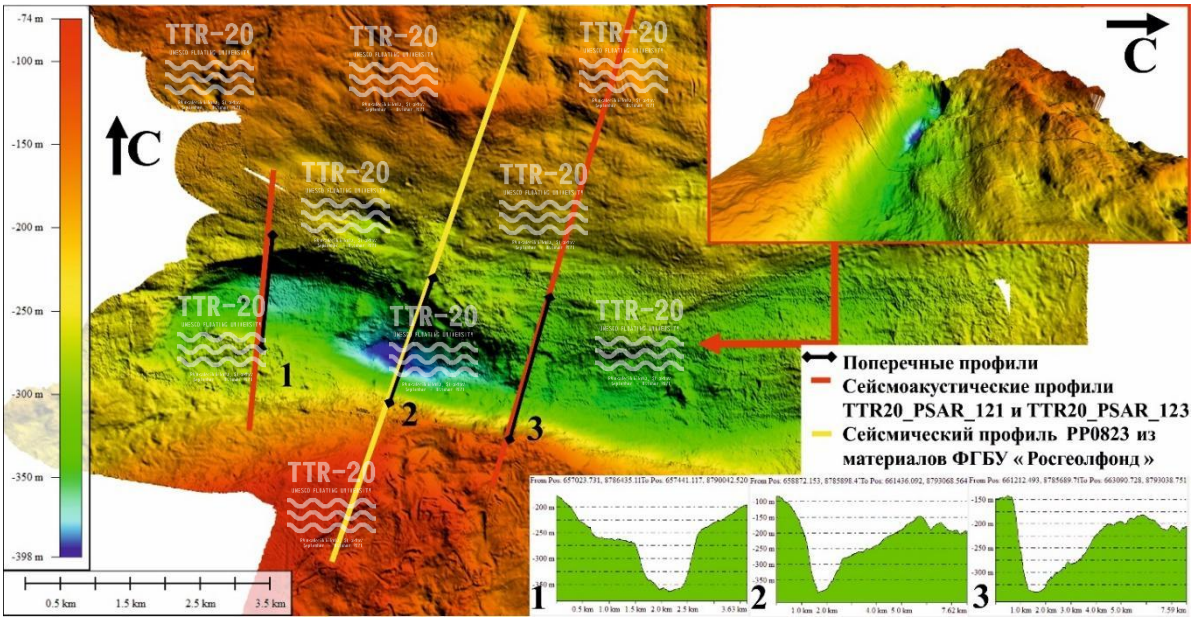


Рис 2. Батиметрическая карта трога Эрато

На полигоне были проведены сейсморазведка сверхвысокого разрешения (ССВР) методом 2D МОГТ (тип источника – электроискровой («спаркер», 68 электродов), тип приемника – сейсмическая коса (24 канала)), высокочастотное акустическое профилирование (ВАП) (профилограф EdgeTech 3300), а также многолучевое эхолотирование (МЛЭ) с использованием двух многолучевых эхолотов – SeaBat 8111 (для мелководной части) и SeaBat 7150 (для глубоководной части). Характеристики геофизических исследований, выполненных на полигоне «Эрато», представлены в табл. 1. После проведения геофизической съемки был измерен профиль скорости звука в водной толще с помощью SVP-зонда (Sound Velocity Probe).

Интерпретация

Рельеф изучаемого полигона характеризуется очень резкими перепадами глубин (самая мелкая точка -80 м, самая глубокая -400 м). Полигон можно разделить на две части: мелководную и глубоководную. Глубоководная часть полигона представлена субширотно вытянутой впадиной, напоминающий трог. На поперечных профилях можно увидеть, что на

западе борта трога отвесные и крутые, местами крутизна бортов достигает 35°. Однако, на восток трог расширяется и выполаживается (рис. 2).

Таблица 1. Геофизические методы исследовании полигона «Эрато»

	СВР	ССВР	ВАП	МЛЭ	МЛЭ
Аппаратура исследований		SplitMultiSeis Sparker 68 + сейсмическая коса (24 канала)	Профилограф EdgeTech 3300	RESON SeaBat 7150 (глубоководный)	RESON SeaBat 8111 (мелководный)
Рабочие частоты	80–250 Гц	250–300 Гц	2–6 кГц	12 кГц	100 кГц
Объект изучения	ВЧР на глубины до 1000 м	ВЧР на глубины до 100 м	ВЧР на глубины до 30 м	рельеф дна	рельеф дна

Были выдвинуты две гипотезы происхождения трога Эрато: эрозионная и тектоническая. Их правдоподобность проверялась при детальном анализе сейсмических разрезов (профили TTR20_PSAR_121, TTR20_PSAR_123 и PP0823) (рис. 3).

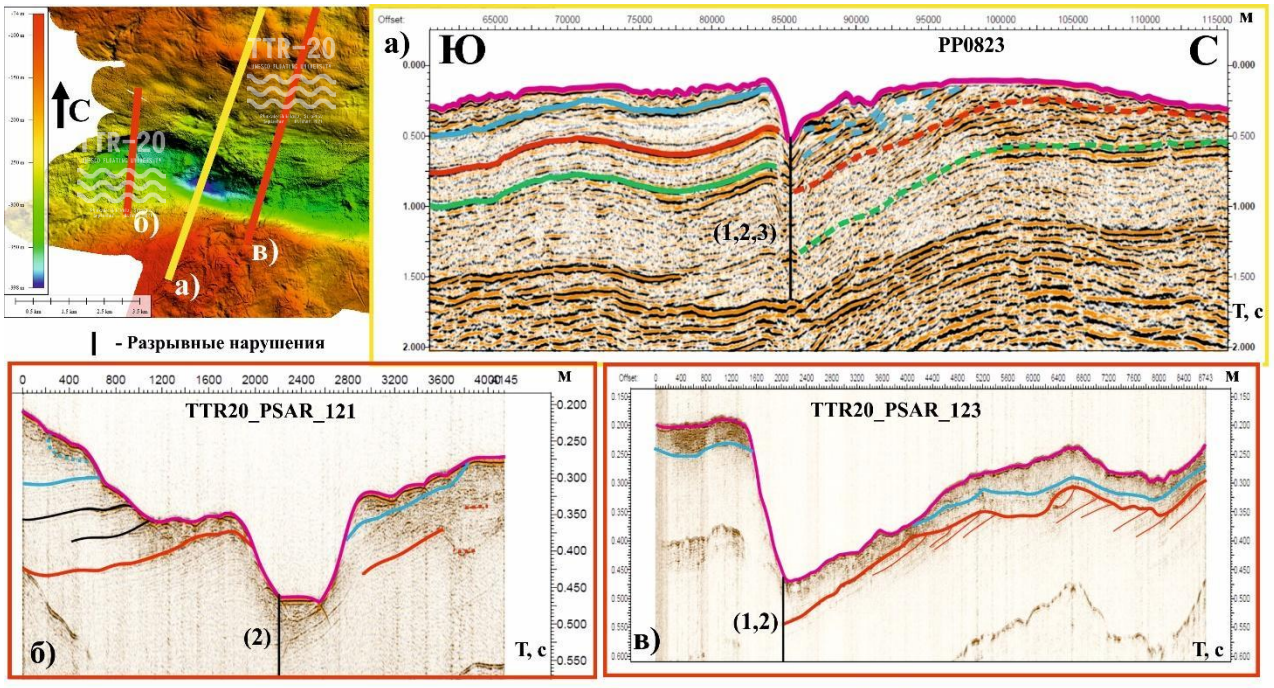


Рис 3. Интерпретация сейсмических разрезов по профилям (а) PP0823, (б) TTR20_PSAR_121 и (в) TTR20_PSAR_123; (1,2,3) - признаки, по которым были установлены разрывные нарушения, см. пояснения в тексте

Следующие свидетельства тектонической природы трога были выделены на сейсмических разрезах (рис. 3) [Старовойтов и др., 2018]:

1) Разрывы и смещение по вертикали осей синфазности отраженных волн (1);

2) Изменение наклонов осей синфазности (2);

3) Резкое изменение по вертикали типа волновой картины (3).

Исходя из этого, на данном этапе представляется возможным принять за более правдоподобную тектоническую гипотезу происхождения трога. Однако, проведенная интерпретация не дает достаточных оснований полностью отвергнуть гипотезу о его экзарационном (ледниково-эрозионном) происхождении. Возможен также следующий сценарий развития событий: сначала структура образовалась под действием тектонических движений, а после подверглась ледниковому выпахиванию. Для более конкретного определения генезиса структуры необходимо детальное рассмотрение и интерпретация всех сейсмических профилей, отснятых на данном полигоне. Авторы планируют продолжать дальнейшее изучение обнаруженной структуры.

Благодарности

Экспедиция TTR-20 организована геологическим факультетом МГУ имени М.В. Ломоносова и ИО РАН при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ и в партнёрстве с инновационной компанией «Сплит» и ООО «ЦМИ МГУ». Экспедиция вошла в список мероприятий Года науки и технологий.

Литература:

А.В. Старовойтов, М.Ю. Токарев, Я.Е. Терёхина. Атлас по интерпретации геофизических данных для морской практики на Белом море: учебное пособие, электронное издание сетевого распространения – М.: «КДУ», «Добросвет», 2018. – 978-5-7913-1081-1.

УДК 629.5.015:551.326.7

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛЬДА.

STUDY OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF ICE.

Фролов Денис Максимович[1], Ржаницын Герман Анатольевич[1], Кошурников Андрей Викторович[1], Гагарин Владимир Евгеньевич[1]
[1] Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Frolov Denis Maksimovich[1], Rzhanitsyn German Anatolyevich[1], Koshurnikov Andrey Viktorovich[1], Gagarin Vladimir Yevgenyevich[1]
[1] Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Введение

Механические свойства льда, такие как сопротивление сжатию, существенно важны для технологии ледового бурения, а также для обеспечения устойчивости конструкций северных морских портов, платформ, судов и другой инфраструктуры, такой как маяки и т.д. (подробнее в книге Лосета и др., 2010). Экспериментальные испытания по давлению льда проводились в холодной комнате географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова на оборудовании НПП «Геотек» (Россия). Подготовленные образцы пресноводного льда имели высоту около 8 см и ширину 7 см. Его готовили в холодильной камере методом однонаправленного замораживания. В ходе экспериментальных испытаний скорость деформации давлением была установлена от 0,01 до 0,06 мин-1 для пластичного и хрупкого разрушения при сжатии. Пластичное разрушение образца льда при сжатии происходило во время экспериментальных испытаний при максимальном давлении около 2500 кПа. Общая конечная деформация образца льда составила около 33% от достигнутого начального размера. Хрупкое разрушение образца льда при сжатии происходило во время экспериментального исследования при максимальном давлении около 1100 и 300 кПа, приложенном вдоль вертикальных осей c и базальных линий соответственно. Также изменение долгосрочного эквивалентного сцепления пресноводного и рассольного льда (Ceq) было измерено с помощью теста шариковым штампом. Кристаллическая структура приготовленных образцов из пресноводного льда и рассольного льда исследовалась в поляризованном свете. Также производились испытания шариковым штампом образцов уплотнённого снега по определению его эквивалентного сцепления.

Данные и методы

Для исследования сопротивления льда давлению проводились эксперименты в холодной комнате географического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова на оборудовании НПП "Геотек" (Россия) (рис. 1).

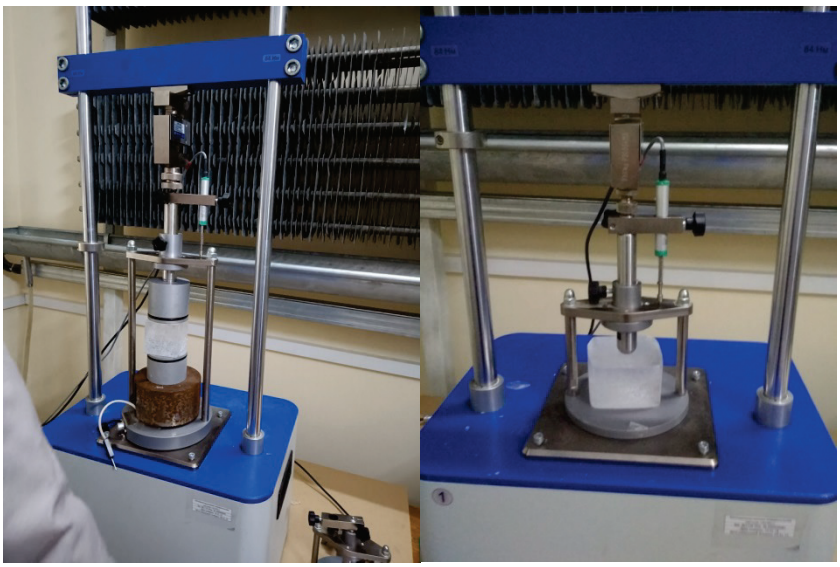


Рис 1. Экспериментальная установка в холодильной камере для испытаний по давлению льда и шарикового штампа.

Испытания механических свойств льда проводились на пластичное и хрупкое разрушение при сжатии в соответствии с (Schulson, 1990 и 1997), который предлагает следующую диаграмму, иллюстрирующую переход от пластичного разрушения к хрупкому (рис. 2).

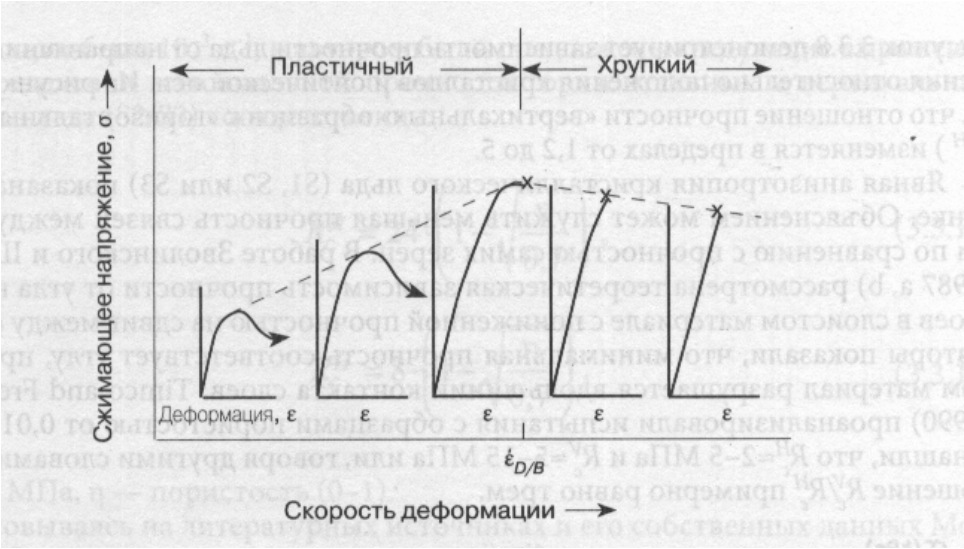


Рис. 2. Диаграмма для иллюстрации перехода от пластичного разрушения к хрупкому при сжатии. Эти кривые показывают гипотетические компрессионные кривые напряженно-деформированного состояния при прогрессивно возрастающих скоростях деформации, перепечатанные из работ (Schulson, 1990 и 1997).

Для эксперимента были приготовлены образцы пресноводного льда примерно 8 см высотой и 7 см шириной. Его готовили в холодном помещении методом однонаправленного замораживания. В ходе экспериментов задавалась скорость деформирования от 0,01 до 0,06 мин-1 для пластического и хрупкого разрушения при сжатии.

В ходе эксперимента при максимальном давлении около 2500 кПа происходило пластическое сжатие образца льда. Общая конечная деформация образца льда составила около 33% от достигнутого исходного размера.

Прочность при испытании пластичным давлением в эксперименте сначала поднималась до 2500 кПа, затем падала и шла под давлением около 1200 кПа.
Хрупкое разрушение образца льда при сжатии происходило во время экспериментальных испытаний при максимальном давлении около 1100 и 300 кПа, приложенном соответственно вдоль вертикальных осей с и базальных линий (рис. 3).

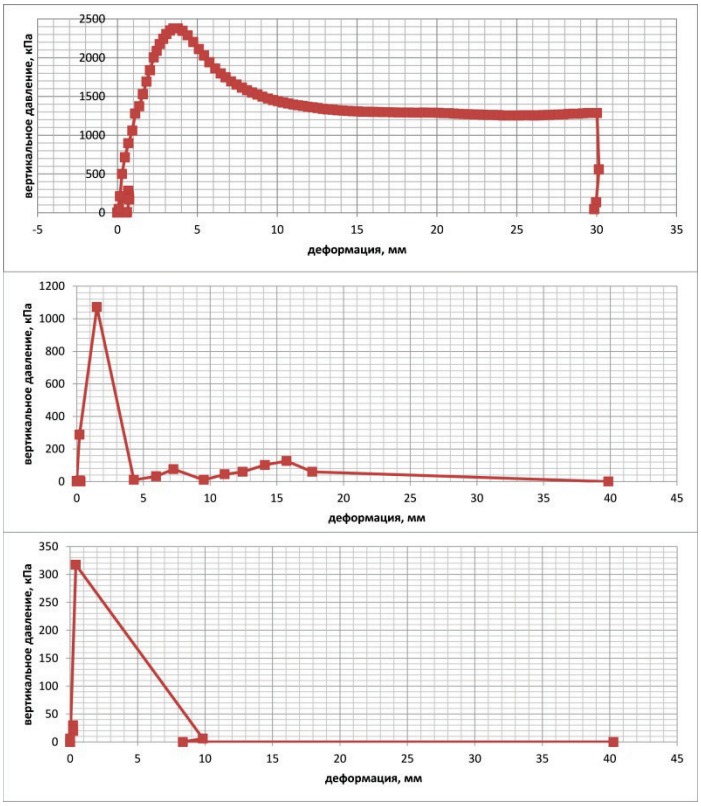


Рис . 3. Графики зависимости вертикального давления от деформации в экспериментах по пластичному и хрупкому разрушению при сжатии

Кроме того, изменение долговременного эквивалентного сцепления пресноводного и рассольного льда (Ceq) было измерено с помощью теста шарикового штампа (проиллюстрировано на рис. 4).

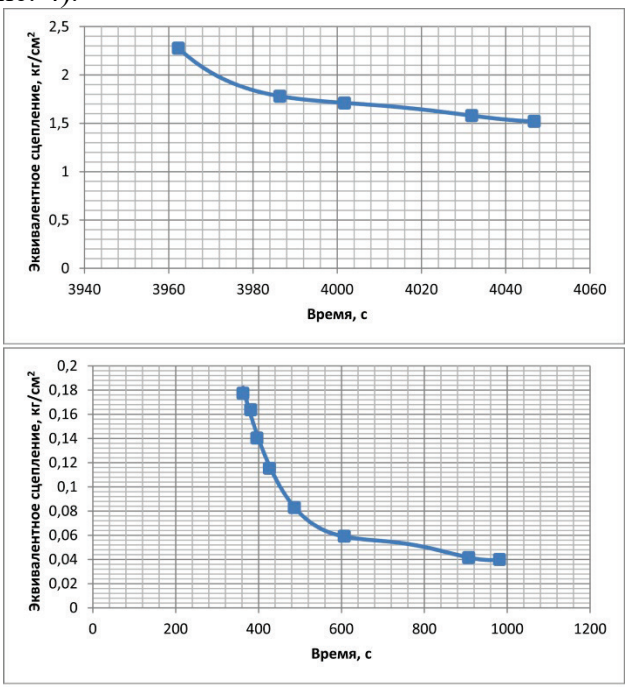


Рис. 4. Изменение долговременного эквивалентного сцепления пресноводного и рассольного льда (Ceq).

Кристаллическая структура подготовленных образцов из пресноводного и рассольного льда изучалась в поляризованном свете (рис. 5).

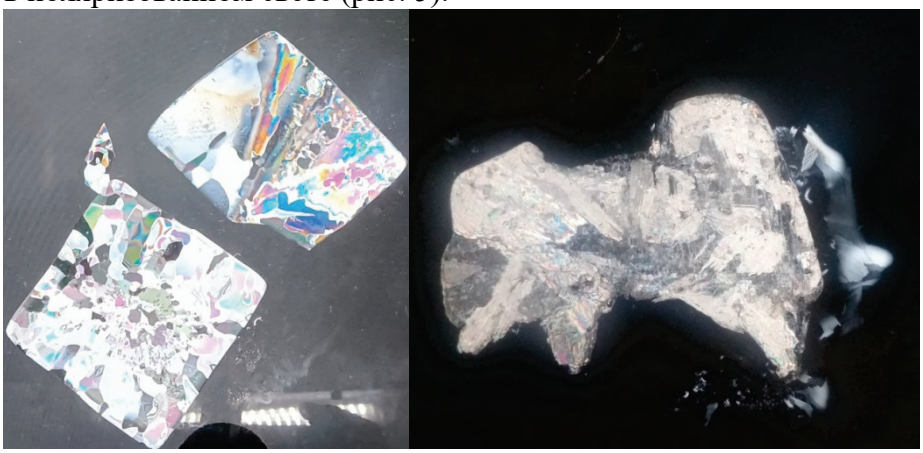


Рис . 5. Кристаллическая структура подготовленных образцов из пресноводного льда и рассольного льда

Изменение эквивалентного сцепления для образца снега во времени с начальной плотностью 280 кг/м^3 после уплотнения давлением в 0,5 атм. в течение 20 мин можно видеть на рис. 6.

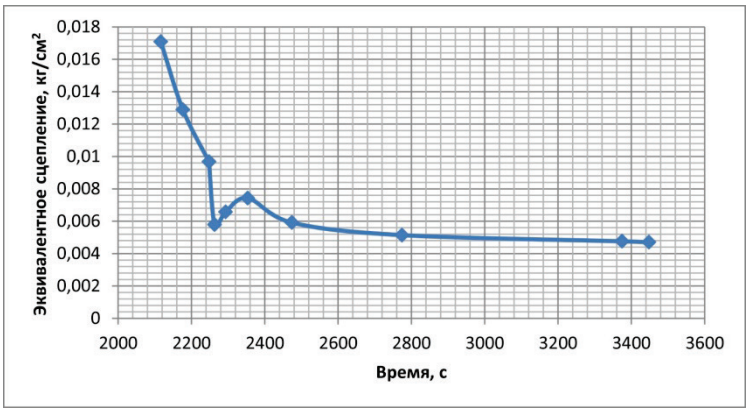


Рис. 6. Изменение эквивалентного сцепления образца снега во времени с начальной плотностью 280 кг/м^3 после уплотнения давлением в 0,5 атм. в течение 20 мин.

Заключение

Обобщая представленные на рисунках 3-6 результаты экспериментов можно сделать выводы, что напряжение пластичного разрушения льда выше, чем хрупкого. Кроме того, напряжение хрупкого разрушения образца льда, приложенное вдоль вертикальных осей с, выше, чем приложенное вдоль базальных линий. Эквивалентное сцепление пресноводного льда выше, чем для рассольного льда из-за разницы в структуре. У снега же эквивалентное сцепление ещё меньше, чем у рассольного льда. Полученные результаты совпадают с полученными ранее результатами и разработками (Лосет и др., 2010) и (Schulson, 1990 и 1997). Работа выполнена в рамках темы государственного задания «Опасность и риск природных процессов и явлений» (121051300175-4) и «Эволюция криосферы при изменении климата и антропогенном воздействии» (121051100164-0).

Список литературы

Лосет С., Шхинек К.Н., Гудместад О.Т., Хойланд К. Воздействие льда на морские и береговые сооружения, СПб.: Изд-во «Лань», 2010, 272 с.

Schulson E.M. The brittle failure of ice under compression. J. Phys. Chem. – 1997. - B, 101, pp. 6254-6258.

Schulson, E.M., The brittle compressive fracture of ice. Acta Metall. Mater. – 1990. - 38, 1963.

УДК 550.8.01

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ РАБОТ В ШТОРМОВУЮ ПОГОДУ И ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ: ПО МАТЕРИАЛАМ РЕЙСА TTR-20 В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

SPECIFICS OF SEISMIC PROFILING IN STORMY WEATHER AND FOLLOWED DATA PROCESSING: MATERIALS OF THE TTR-20 CRUISE IN THE NORTHERN BARENTS SEA

Хритова Юлия Андреевна, Соловьева Марина Андреевна, Ахманов Григорий Георгиевич
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Khritova Yulia Andreevna, Solovyeva Marina Andreevna, Akhmanov Grigorii Georchievich
Lomonosov Moscow State University

Введение

В сентябре-октябре 2021 года в рамках научно-исследовательского рейса TTR-20 на НИС «Академик Николай Страхов» в северной части Баренцева моря были проведены сейсмоакустические работы методом 2D ОГТ с использованием источника типа спаркер и 24-канальной сейсмической косы. Практически на всем протяжении экспедиции проведение профилирования было осложнено штормовыми или близкими к ним погодными условиями, что вполне характерно для района исследований, особенно в осенне-зимний период.

Целью представленной работы является анализ влияния на качество получаемых сейсмических данных такого фактора, как погодные условия и, прежде всего, штормовое волнение моря. В работе рассмотрены способы борьбы с создаваемыми волнением помехами, которые могут быть применены как на этапе проектирования методики работ, так и на этапе обработки данных.

Особенности выполнения работ и результаты обработки данных

Методику проведенных сейсмических работ можно охарактеризовать следующими основными параметрами:

- Центральная частота источника: до 300 Гц,
- Мощность источника: 5 кДж,
- Период возбуждения импульсов спаркером: 1 сек,
- Длина сейсмической косы: 46 м,
- Шаг между каналами на сейсмической косе: 2 м,
- Количество каналов на сейсмической косе: 24 шт.
- Расчетное заглубление сейсмической косы: 1.25 м,
- Расчетное заглубление спаркера: 1.25 м,
- Средняя скорость судна при выполнении работ: 4.5 узла.

Расстановка опускалась с правого борта судна и крепилась с использованием выстрела. Источник типа спаркер буксировался в 5 м правее и в 50 м позади судна. Расчетное

заглубление поддерживалось при помощи плота на спаркере и парашюта на сейсмической косе.

Во время выполнения сейсмопрофилирования высота морской волны достигала в среднем 3-4 метра, а ее длина была около 10 м. Заглубление источника и приемника было меньше, чем высота морской волны. Это стало причиной того, что волнение оказывало влияние на качество получаемых данных. Более глубокое погружения приемоизлучающей системы позволило бы исключить или снизить вклад данной помехи, однако в условиях рейса его было невозможно достигнуть.

В ходе анализа полученных сейсмоакустических материалов для улучшения качества данных был разработан граф обработки данных ОГТ. Подавление помех, вызванных волнением моря, проводилось после фильтрации данных и до суммирования и выполнялось при помощи модуля «Swell Filter» в программном обеспечении RadExPro. Работу данного модуля можно описать несколькими последовательными операциями:

1. Производится сглаживание предварительно заданной пикировки, как правило, по донному отражению, по методу усеченного среднего в скользящем окне;
2. Рассчитывается разница между исходной пикировкой и сглаженной;
3. Полученная разница применяется как статическая поправка к трассе.

Размер окна сглаживания подбирался исходя из характеристик морского волнения. Окно было примерно в >2 раза больше длины морской волны.

Результаты подавления влияния морских волн представлены на Рис. 1. Слева показаны данные до применения модуля «Swell Filter», а справа – после.

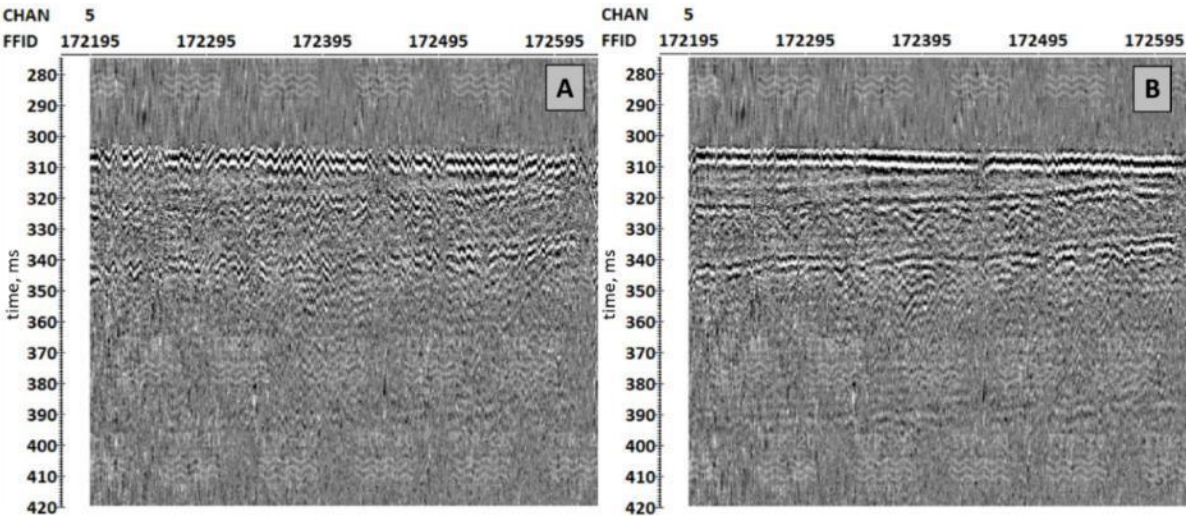


Рис. 1. Результат применения модуля «Swell Filter» на примере одноканальных данных 2D ОГТ на участке профиля TTR-20_PSAR_136. A – данные после фильтрации, до применения модуля; B – данные после фильтрации, после применения модуля

Необходимо, однако, учитывать, что при применении модуля «Swell Filter» осуществляется осреднение положения отражающих горизонтов, и теряется информация о геологических неоднородностях, горизонтальный размер которых меньше, чем длина морской волны, а вертикальный меньше, чем ее высота.

Дополнительная проблема, создаваемая погодными условиями, заключалась в том, что сильное волнение моря при профилировании мешало удерживать судно ровно на галсе.

Траектория движения судна зачастую не была прямолинейна на протяжении профиля, и это также снижало качество получаемых сейсмических данных. Когда судно резко подворачивало влево, сейсмическая коса попадала в кильватер, и сильно возрастал уровень шума. Для оценки эффекта «кривизны» профиля на качество данных отдельные профили были выполнены дважды.

На Рис. 2 показан итоговый результат обработки двух профилей TTR-20_PSAR_136 и TTR-20_PSAR_137, пройденных вдоль одной линии во встречных направлениях. Данный пример иллюстрирует влияние траектории судна на качество получаемых данных. На участках, где сейсмическая коса попадала в кильватер, наблюдается резкое понижение амплитуд по всей длине трассы. На Рисунке 2-A данные области выделены овалами, на Рис. 2-C увеличен соответствующий им участок на схеме расположения профилей.

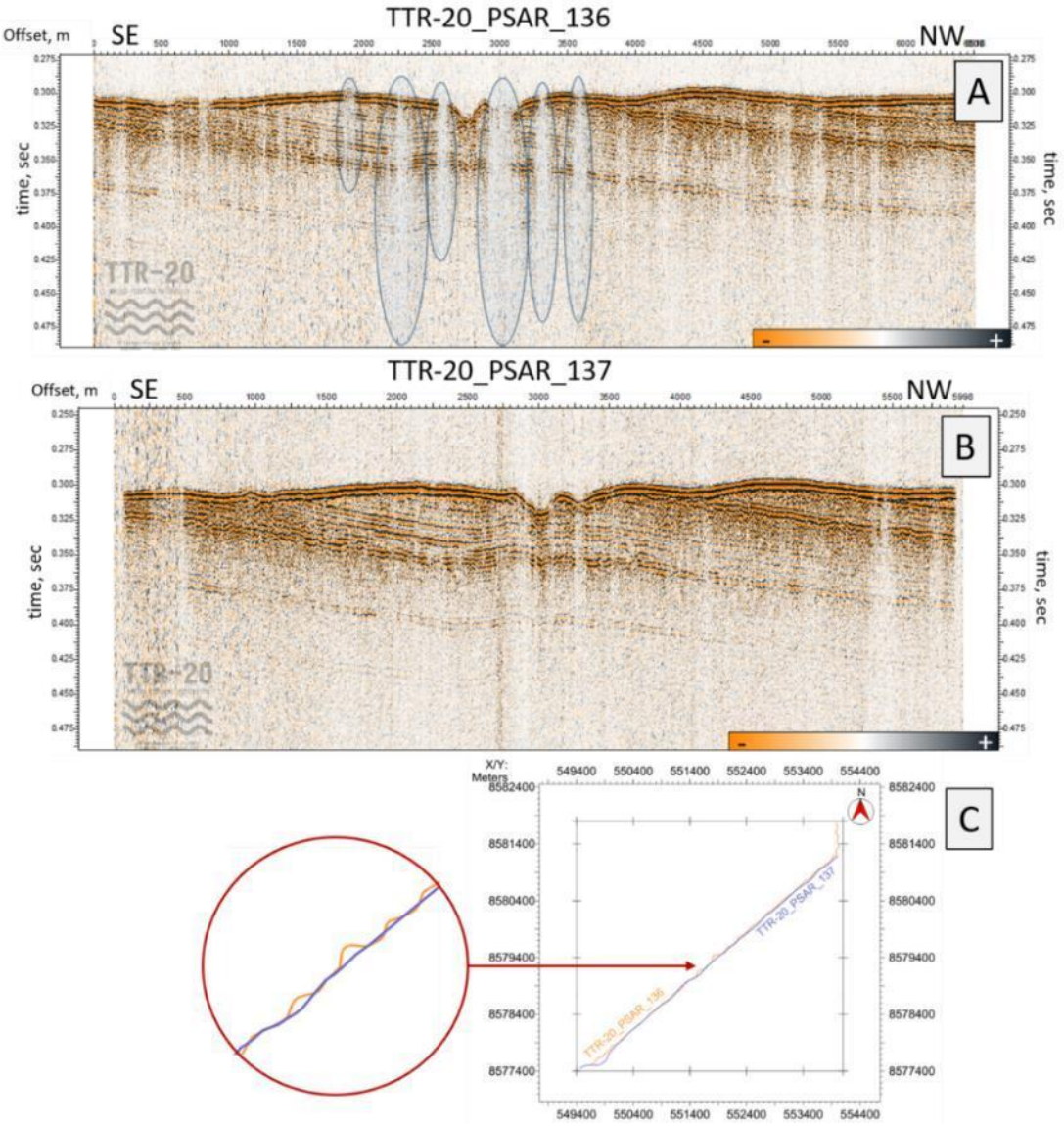


Рис. 2. Суммированные разрезы ОГТ TTR-20_PSAR_136 и TTR-20_PSAR_137 и их положение в плане. A – суммированный разрез ОГТ TTR-20_PSAR_136, овалами выделены области попадания сейсмической косы в кильватер судна; B - суммированный разрез ОГТ TTR-20_PSAR_137; C – схема расположения профилей

Выводы

По итогам работ была подобрана методика обработки, позволяющая эффективно подавить одну из «штормовых» помех при помощи модуля «Swell Filter» программного пакета RadExPro. Также установлено, что для применения такой обработки необходимо, чтобы (1) при профилировании использовалась приемная коса, длина которой, по меньшей мере, в четыре раза больше длины морской волны; а (2) доминантная длина волны сейсмического импульса - в 2 раза больше высоты морской волны. Это проиллюстрировано на Рис. 3.

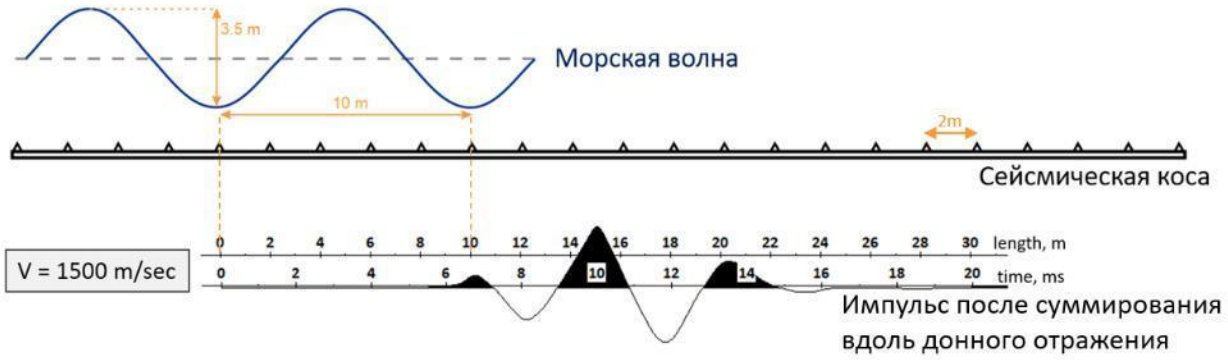


Рис. 3. Длина морской волны, длина сейсмической приемной косы и длина регистрируемого при выбранных параметрах импульса (центральная частота 260 Гц), позволяющие эффективное применение графа обработки (см. пояснения в тексте)

Устранить проблему потери сейсмической информации, связанную с плохим удержанием судна на галсе, на этапе обработки не представляется возможным.

Таким образом, в штормовую и близкую к штормовой погоду возможно проводить сейсмические работы при относительно небольшом заглублении приемоизлучающей системы и получать данные приемлемого качества при условии строгого удержания судна на линии профиля, и принимая в расчет жесткие ограничения на параметры применяемой методики работ.

Тем не менее, при сильном волнении моря не следует рекомендовать выполнение высокочастотных исследований с приповерхностной буксируемой расстановкой. В таких ситуациях большей эффективностью будут характеризоваться работы на низких частотах или с заглублением аппаратуры.

УДК 551.89

РЕКОНСТРУКЦИЯ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ГОЛОЦЕНА НА О. АНЗЕР В БЕЛОМ МОРЕ ПО ДАННЫМ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВОГО АНАЛИЗА ОЗЕРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

RECONSTRUCTION OF THE HOLOCEN FORESTS ON THE ANZER ISLAND (WHITE SEA) ACCORDING TO POLLEN ANALYSIS OF LAKE SEDIMENTS

Левкова Дарья Николаевна[1], Сапелко Татьяна Валентиновна[2], Леонтьев Петр Александрович[1], Субетто Дмитрий Александрович[1]

1 РГПУ им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург

2 ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН, г. Санкт-Петербург

Levkova D.N.[1], Sapelko T.V.[2], Leontyev P.A.[1], Subetto D.A.[1]

1 Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg

2 Institute of Limnology, Russian Academy of Sciences – SPC RAS, St. Petersburg

Остров Анзер Соловецкого архипелага расположен в сравнительно мелководной западной части Белого моря у входа в Онежский залив. Соловецкие острова известны благодаря уникальному историко-культурному наследию и ландшафтам, неотъемлемой частью которых является лес, наиболее подверженный изменениям из-за смены природных условий и в результате человеческой деятельности. С 1967 года здесь действует Соловецкий государственный историко-архитектурный и природный музей-заповедник, благодаря которому леса Соловецкого архипелага отнесены к наиболее ценным лесам России, где в настоящее время запрещены рубки главного пользования. Доля лесного фонда составляет 95,6% территории архипелага [Ипатов и др., 2009]. Уникальность растительности Соловков обусловлена историей развития в условиях островной изоляции. Особенностью архипелага являются экстразональные природные комплексы, не характерные для данной природной зоны – тундровые приморские равнины и еловые, смешанные и мелколиственные леса разнотравного типа [Природная среда…, 2008].

С 2006 года на Соловецком архипелаге проводятся палеолимнологические исследования. Установлена хронология изоляции озер о. Большой Соловецкий, выполнена реконструкция развития озерных ландшафтов в голоцене, подтвержденная палинологическими данными и радиоуглеродными датировками [Субетто и др., 2012, Сапелко, Субетто, 2014]. Летом 2015 года на о. Анзер был выполнен отбор колонок донных отложений нескольких озер, расположенных на разных высотах относительно уровня моря. В настоящей работе представлены предварительные результаты спорово-пыльцевого анализа оз. Надбанного (65º 8,8026’ с.ш., 36º 1,8666’ в.д.), расположенного на самой высокой абсолютной отметке. Надбанное – это небольшое лесное озеро без названия, названного так в рабочем порядке, т.к. оно расположено недалеко от оз. Банного и выше его на отметке 20-22 метра над уровнем моря. Отбор колонки донных отложений из озера проводился с плота с помощью Русского бура. В точке пробоотбора глубина воды составила 4,20 м. На микропалеонтологические анализы были отобраны керны с перекрытием: 4,20 – 5,20 м и 5,11 – 6,11 м.

На данный момент с помощью спорово-пыльцевого анализа изучена верхняя часть колонки донных отложений из керна 4,20 – 5,20 м, представленный темно-коричневой гиттией, где верхние 10 см – более жидкая гиттия. По серии радиоуглеродных датировок построена глубинно-возрастная модель, показывающая развитие озера на протяжении всего голоцена и наиболее раннее отделение оз. Надбанного от Белого моря (рис. 1). Датировки получены для нижней части колонки, для верхней, исходя из моделирования, получены

предварительные данные. Уточнить возраст верхней части отложения помогут палинологические исследования.

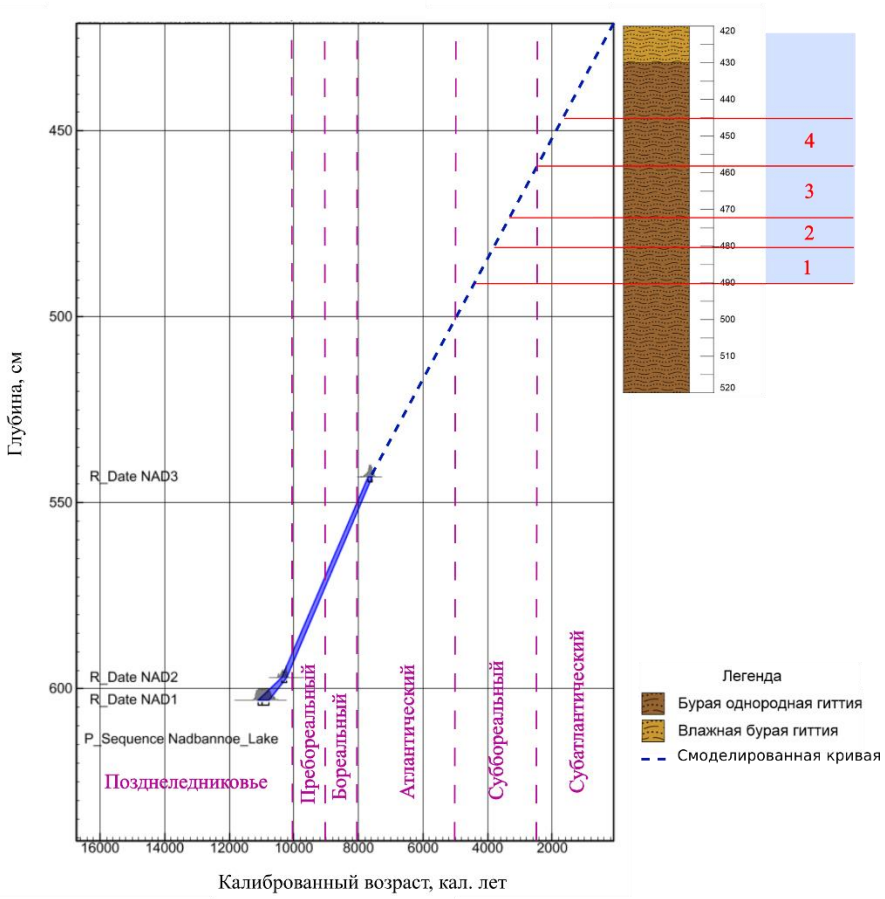


Рис. 1. Глубинно-возрастная модель колонки донных отложений оз. Надбанного.

По результатам спорово-пыльцевого анализа была построена спорово-пыльцевая диаграмма (рис. 2), отражающая смену растительности в позднем голоцене. Выделено 4 палинозоны, характеризующие смену растительности, которая является показателем смены природных обстановок.

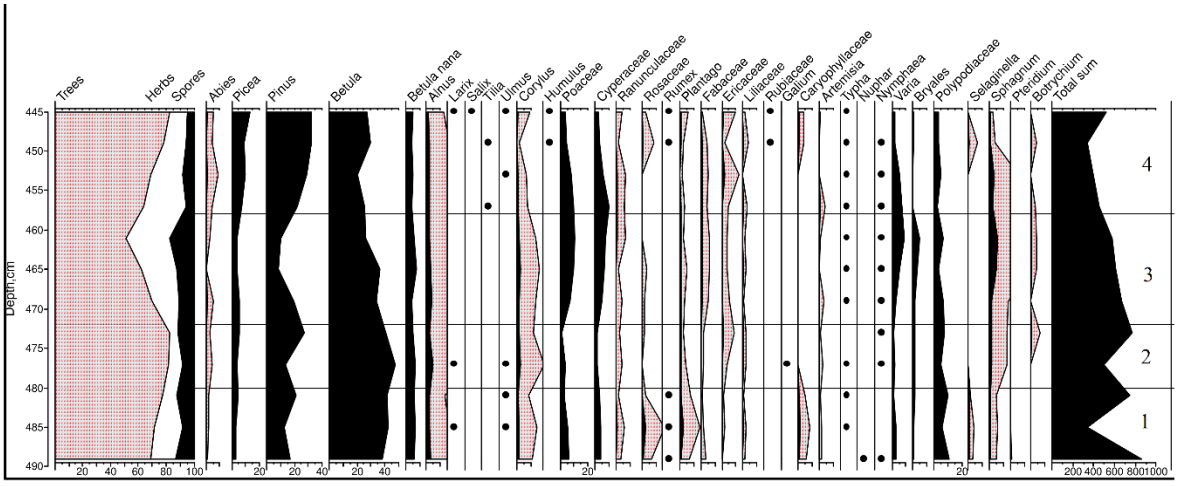


Рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма оз. Надбанного

Для палинозоны 1 характерны обширные площади березовых лесов, сосновые леса уступают по своему развитию. В связи с незначительным распространением еловых лесов и

наличием пыльцы рудеральных трав, можно предположить, в это время на растительность значительно повлиял антропогенный фактор, и березовые леса скорее всего были не коренные, а вторичные, выросшие на месте уничтоженных таежных лесов. Затем, в период выделенной палинозоны 2, доля древесных пород значительно увеличивается, распространение открытых пространств сокращается. Леса в основном состоят из березовых и сосновых древостоев с примесью мелколиственных пород. Вероятно, территория вокруг озера заболачивалась. Человек покидает это место, на что указывает сокращение доли рудеральных трав и увеличение распространения древесных пород. Далее (палинозона 3) открытые пространства достигают максимальной площади в течение всего изученного периода за счет увеличения травянистых сообществ. Продолжается заболачивание территории. В палинозоне 4 леса становятся преимущественно сосновыми с примесью мелколиственных пород. Появляются представители широколиственных пород, не характерных для данной природной зоны – липа и вяз, что можно связать с лесопосадками. Снова активно распространяются рудеральные травы, впервые появляется хмель, который мог выращиваться как культура. Примечательны небольшие площади распространения еловых лесов на протяжении всего исследованного периода.

Первое присутствие человека на водосборе озера отражено в палинозоне 1. Судя по археологическим памятникам, освоение Соловецких островов началось в IV – III тысячелетиях до нашей эры [Мартынов, 2012]. На о. Анзер были обнаружены следы одного из первых временных поселений этого периода. Неолитические стоянки располагались на морских террасах вблизи источников пресной воды. Вероятно, подобная стоянка располагалась и на водосборном бассейне оз. Безымянного. Об этом свидетельствуют выявленные значительные антропогенные нарушения растительного покрова. Дальнейшее сокращение антропогенного воздействия может свидетельствовать об уходе человека с водосбора оз. Надбанного в связи с активным заболачиванием его водосборного бассейна, но поселения человека в рассматриваемый период на о. Анзер были [Мартынов, 2012] и влияли на общую региональную динамику лесов на о. Анзер. Находки в верхней части колонки донных отложений оз. Надбанного пыльцы растений, не характерных для современной растительности о. Анзер, могут быть связаны с лесопосадками, описание которых имеется в архиве Соловецкого музея-заповедника [Ипатов и др.,2009].

В результате проведенных исследований получены первые реконструкции растительного покрова о. Анзер. Установлена динамика лесов в течение позднего голоцена под влиянием природных и антропогенных факторов.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ИНОЗ РАН — СПБ ФИЦ РАН по теме № 0154-2019-0004 и государственного задания при финансовой поддержке Минпросвещения России (проект № FSZN-2020-0016).

Список литературы

Ипатов Л. Ф., Косарев В.П., Проурзин Л.И., Торхов С.В. Леса Соловецкого архипелага. Архангельск, 2009, 244с.

Мартынов А.Я. Острова Белого моря: от мезолита до Средневековья (о древнем освоении беломорских островов по археологическим данным). Арктика и Север. № 5. 2012 г. С. 137 – 176.

Природная среда Соловецкого архипелага в условиях меняющегося климата / Под ред. Ю.Г. Шварцмана, И.Н. Болотова. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 184 с.

Сапелко Т.В, Субетто Д.А. История развития озерных ландшафтов Соловецких островов / Сборник тезисов научно-практической конференции по водным ресурсам, включая

биологические ресурсы, Соловецкого архипелага. Архангельская обл., пос. Соловецкий, 2014 г., с.51-53.

Субетто Д.А., Шевченко В.П., Лудикова А.В., Кузнецов Д.Д., Сапелко Т.В., академик Лисицын А.П., Евзеров В.Я., П. ван Беек (P. van Beek), М. Суо (M. Souhaut), Субетто Г.Д. Хронология изоляции озер Соловецкого архипелага и скорости современного озерного осадконакопления. Доклады Академии Наук, 2012, том 446, № 2, с. 183–190.

УДК 550.4.08

МЕТОД РАСЧЁТА ВЛАЖНОСТИ ДОННЫХ ОСАДКОВ ПО ДАННЫМ ПОРТАТИВНОГО РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗАТОРА OLYMPUS VANTA-C.

METHOD FOR CALCULATING THE WATER CONTENT IN BOTTOM SEDIMENTS ACCORDING TO THE DATA OF THE OLYMPUS VANTA-C PORTABLE X-RAY FLUORESCENCE ANALYZER

Ласкина Дарья Николаевна[1,2], Дорохова Евгения Валерьевна[2],
[1] Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, Калининград
[2] Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, Москва

Laskina Daria Nikolaevna[1], Dorokhova Evgenia Valerievna[2]
[1]Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad
[2]Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences

Введение

Портативные рентгенофлуоресцентные анализаторы (РФА) приобретают всё большую популярность для экспресс-анализа элементного состава морских донных отложений. Этот метод быстрый, не приводит к разрушению образца, что позволяет после него выполнять другие виды анализов, а также не требует долгой пробоподготовки. Однако данные, полученные в образцах осадков натуральной влажности, не сопоставимы с результатами, полученными традиционными методами в сухих образцах. Поэтому для получения абсолютных значений содержаний элементов необходимо вводить поправку на влажность образца.

В нашей работе исследуется возможность изучения влажности донных отложений с помощью портативного РФА. Мы использовали соотношения пиков интенсивности когерентного и некогерентного рассеиваний, полученные на основе анализов спектров рассеивания РФА [Boyle et al., 2015]. Такой метод определения влажности более удобен по сравнению с традиционным методом высушивания до постоянной массы [ГОСТ 5180-84 Грунты], так как нет необходимости в детальном отборе отдельных проб, долгой и трудоёмкой пробоподготовке и анализе.

В работе представлены результаты сравнения влажности донных отложений, полученные с помощью двух методов: высушивания до постоянной массы и рассчёта с помощью соотношения когерентного и некогерентного излучений.

Материалы и методы

В исследовании использовались две колонки: АНС-43006, отобранная в Северо-Восточной Атлантике (37° 01.591' N 16° 14.437' W) и представленная пелагическими высококарбонатными илами [Дорохова и др., 2021], и АИ-56023, отобранная в Балтийском море (55°.980 N 18°.939 E) и представленная гемипелагическими илами с высоким содержанием органического вещества. Из АНС-43006 было отобрано 10 образцов, а из АИ-56023 – 22 образца. Все образцы были взяты из характерных горизонтов

колонки и отличались разной влажностью (особенно заметны различия в колонке из Балтийского моря, поскольку для нее характерны литологически различные секции).

Рентгено-флуорисцентный анализ проводился с помощью портативного энергодисперсионного анализатора Olympus Vanta-C с рентгеновской трубкой 4 Вт с родиевым анодом и кремниевым дрейфовым детектором. Прибор позволяет определить 43 элемента от Mg до U [Серия Vanta. Рентгенофлуорисцентный анализатор. Руководство по эксплуатации]. Для анализа одной пробы требуется 6 минут. Перед измерением колонки зачищались и накрывались специальной плёнкой.

Для анализа методом высушивания до постоянной массы пробы сначала взвешивались во влажном виде, затем помещались в сушильный шкаф до полного удаления влаги при температуре 100°С, а затем снова взвешивались. Влажность рассчитывалась по формуле [ГОСТ 5180-84 Грунты]:

$$W = 100 \times \frac{m1 - m0}{m0 - m}$$

где m – масса пустого бюкса, г;

m1 – масса влажной пробы с бюксом, г;

m0 – масса высушенной пробы с бюксом, г

Для нахождения интенсивности пиков когерентного и некогерентного рассеяний были использованны данные спектра из анализатора согласно [Boyle et al., 2015]. Расчет влажности выполнен по формуле [Boyle et al., 2015]:

$$W = 100 - \frac{\frac{a}{a1} - b}{k}$$

где a – значение когерентного рассеяния;

a1 – значение некогерентного рассеяния;

b и k – коэффициенты уравнения кривой (рис. 1).

Результаты

Сопоставление влажности, измеренной традиционным методом высушивания до постоянной массы, и полученной из пиков когерентного и некогерентного рассеивания на основе анализов спектров рентгенофлуоресцентного анализа, показало хорошие результаты (Рисунок 1).

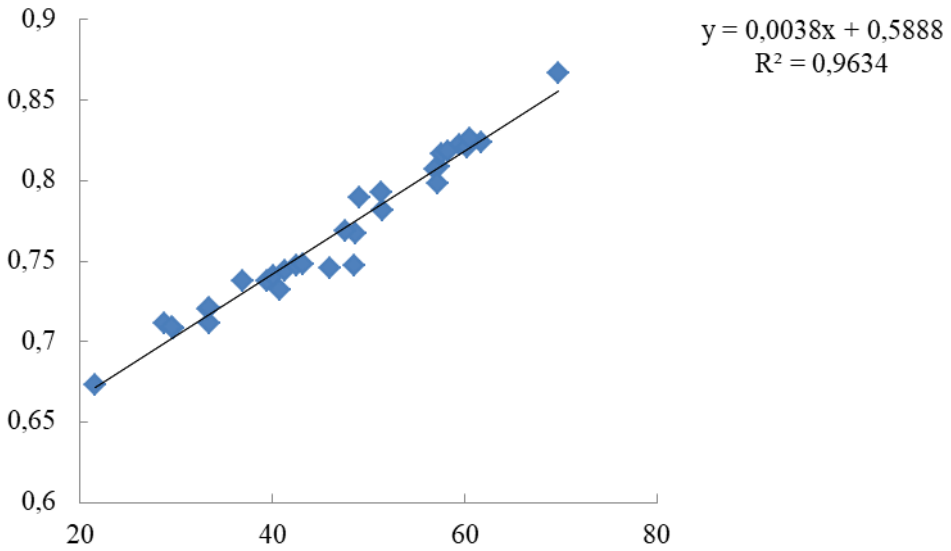


Рисунок 1 – Сравнение влажности, измеренной традиционным методом, и отношения пиков когерентного и некогерентного рассеивания.

По полученным данным для обеих колонок были построены диаграммы рассеивания и определены коэффициенты корреляции между влажностью, полученной различными методами (Рисунок 2). Эти коэффициенты составили 0,94 и 0,95 для Северо-Восточной Атлантики и Балтики соответственно, что позволяет говорить об очень хорошей сходимости полученных результатов. Результаты влажности, измеренные традиционным методом высушивания до постоянной массы ($W_{ВПМ}$), и вычисленные при помощи анализа спектра портативного РФА ($W_{РФА}$), отличаются не более чем на 4% (Таблицы 1 и 2).

Таблица 1 – Значения влажности, полученные разными методами, для колонки АИ-56023 (Балтийское море)

Горизонт, см	$W_{ВПМ}$, %	$W_{РФА}$, %
2-4	78,45	77,92
25-26	71,15	67,73
40-41	70,23	68,59
50-52	70,40	68,42
61-62	66,59	67,75
75-77	66,69	65,42
80-81	63,04	60,77
90-91	66,54	65,20
100-101	62,54	61,25
110-111	60,55	60,90
120-121	59,79	59,94
130-131	58,67	59,18
140-141	57,50	58,30
150-151	59,20	62,36
160-161	56,81	58,09
170-171	54,05	58,76
180-181	51,41	58,41

190-191	51,32	53,11
210-211	40,54	38,61
215-216	42,63	42,25
220-221	42,99	42,69
241-242	38,18	38,23

Таблица 2 – Значения влажности, полученные разными методами, для колонки АНС-43006 (Северо-Восточная Атлантика)

Горизонт, см	$W_{ВПМ}$, %	$W_{РФА}$, %
40-42	50,91	47,19902
80-81	48,58	49,42637
120-121	42,32	40,10974
160-161	52,44	52,69017
198-199	42,78	44,91354
240-241	39,73	38,94386
280-281	48,65	46,37352
320-321	41,65	39,73543
360-361	39,4	37,59941
390-391	30,19	26,96924

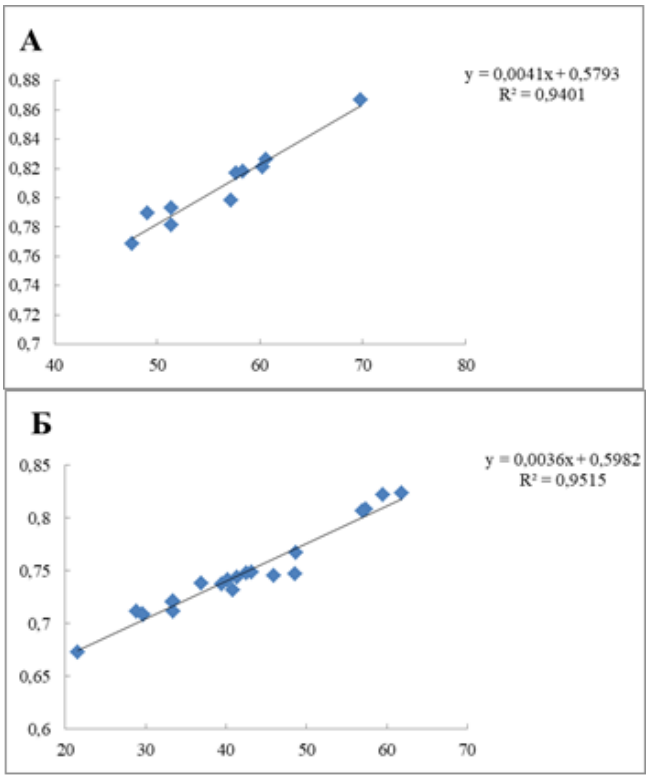


Рисунок 2 – Сравнение влажности, измеренной традиционным методом, и отношения пиков когерентного и некогерентного рассеивания для образцов колонки АНС-43006, Северо-Восточная Атлантика (А), и колонки АИ-56023, Балтийское море (Б).

Выводы

Результаты нашего исследования свидетельствуют о высокой сходимости между влажностью, измеренной методом высушивания, и полученной из спектров рассеивания портативного РФА. Полученные коэффициенты уравнений линейной регрессии возможно

использовать для пересчета содержания элементов в осадке натуральной влажности на сухую массу. Это позволяет решить вопрос использования данных портативного РФА для получения абсолютных значений концентраций элементов в морских донных отложениях и сравнивать их с результатами, полученными традиционными методами.

Список литературы

ГОСТ 5180-84 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. – введён с 01.07.1985. - М.: Стандартинформ, 2005.

Дорохова, Е.В., Кречик, В.А., Пономаренко, Е.П., Дудков, И.Ю., Шаховской, И.Б., Напреенко-Дорохова, Т.В., Ежов, В.Е., Малафеев, Г.В., Кулешова, Л.А., Глазкова, Т.А., 2021. Комплексные океанологические исследования глубоководного прохода Дискавери (Северо-Восточная Атлантика) в 43-м рейсе научно-исследовательского судна “Академик Николай Страхов.” Океанология 61, 162–164.

Серия Vanta. Рентгенофлуорисцентный анализатор. Руководство по эксплуатации; Перевод английского издания Vanta Family – X-Ray Fluorescence Analyzer; User’s Manual – DMTA-10072-01EN-Rev.E, August 2019 – 162 с.

Boyle J.F., Chiverrell R.C., Schillereff D. Approaches to Water Content Correction and Calibration for μXRF Core Scanning: Comparing X-ray Scattering with Simple Regression of Elemental Concentrations // Croudace I.W., Rothwell R. G. Micro-XRF Studies of Sediment Cores – Dordrecht: Springer Netherlands, 2015. P. 373-390.

УДК 552.08

МАГНИТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МИНЕРАЛОВ НА МОРСКОМ ПЛЯЖЕ КУРШСКОЙ КОСЫ (БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ)

MAGNETIC SUSCEPTIBILITY AND HEAVY-MINERAL DISTRIBUTIONS ALONG THE MARINE SHORE OF THE CURONIAN SPIT (BALTIC SEA)

Дорохова Евгения Валерьевна[1], Садовская Милена Игоревна[2], Гмыря Ефим Игоревич[2]

[1] *Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, Москва*

[2] *Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, Калининград*

Dorokhova Evgenia Valerievna[1], Sadovskaya Milena Igorevna[2], Gmyrya Efim Igorevich[2]

[1]*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow*

[2]*Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad*

Введение

Куршская коса – уникальный дюнный массив, омываемый водами Балтийского моря и Куршского залива. Морские пляжи Куршской косы сложены в основном желтовато-серыми кварцевыми песками с прослоями черных и розовых песков. Цвет этих прослоев обусловлен присутствием тяжелых рудных минералов - ильменита, магнетита, титано-магнетита, а также граната [Харин и др. 2021]. Скопления тяжелых минералов образуют пляжевые концентраты, которые могут иметь промышленное значение. Кроме того, тяжелые минералы могут использоваться для изучения источников осадочного материала и определения направления вдольберегового потока наносов, например [Clemens and Komar 1988; Pupienis et al. 2017].

Исследования россыпей тяжелых минералов в Юго-Восточной Балтике велись еще в начале XX века немецкими учеными. Наибольшее развитие они получили в послевоенное время, когда советскими учеными изучались вопросы образования современных россыпей на балтийском побережье и оценка возможности промышленного использования рудных песков, например [Линчюс 1967; Шуйский 1973 и др.]. Возобновление интереса к концентратам тяжелых минералов в районе Куршской косы в последние десятилетия связано главным образом с изучением динамики песчаных наносов и усилением абразии берегов в связи с глобальными климатическими изменениями [Buynevich et al. 2007; Pupienis et al. 2017]. Согласно эти исследованиям, на побережье Куршской косы обогащенные тяжелыми минералами прослои формируются в штормовой период [Pupienis et al. 2017, Харин и др. 2021]. Однако следует отметить, что в большинстве работ отбор образцов проводился в летний период, характеризующийся спокойной погодой, сезонных съемок не проводилось. Кроме того, выводы зачастую основаны на малом количестве образцов ввиду трудоемкости и длительности минералогического анализа.

Цель настоящего исследования: 1) изучить возможность экспресс-анализа содержания тяжелых минералов в песках по данным их магнитной восприимчивости; 2) выявить основные закономерности в распределении тяжелых минералов в осадках пляжа на поперечных и продольных профилях, 3) впервые исследовать сезонную динамику изменчивости концентраций тяжелых минералов на пляже в летний (спокойный) и зимний (штормовой) периоды.

Материалы и методы

Отбор образцов осадков пляжа проводился в трех точках на поперечном профиле у основания авандюны (тыльная часть пляжа), в центральной части и на урезе. Профили располагались регулярно в российской части Куршской косы и в г. Зеленоградске с расстоянием между профилями в среднем около 2 км (Рисунок 1а). Зимняя съемка

проводилась 21-22 января 2019 г. после разрушительного шторма 3 января 2019 г., летняя – 23-24 августа 2021 г. Отобранные образцы исследовались в лаборатории. Помимо проботбора проводилась приблизительная оценка ширины пляжа шагами и визуальное описание состояния обращенного к морю склона авандюны.

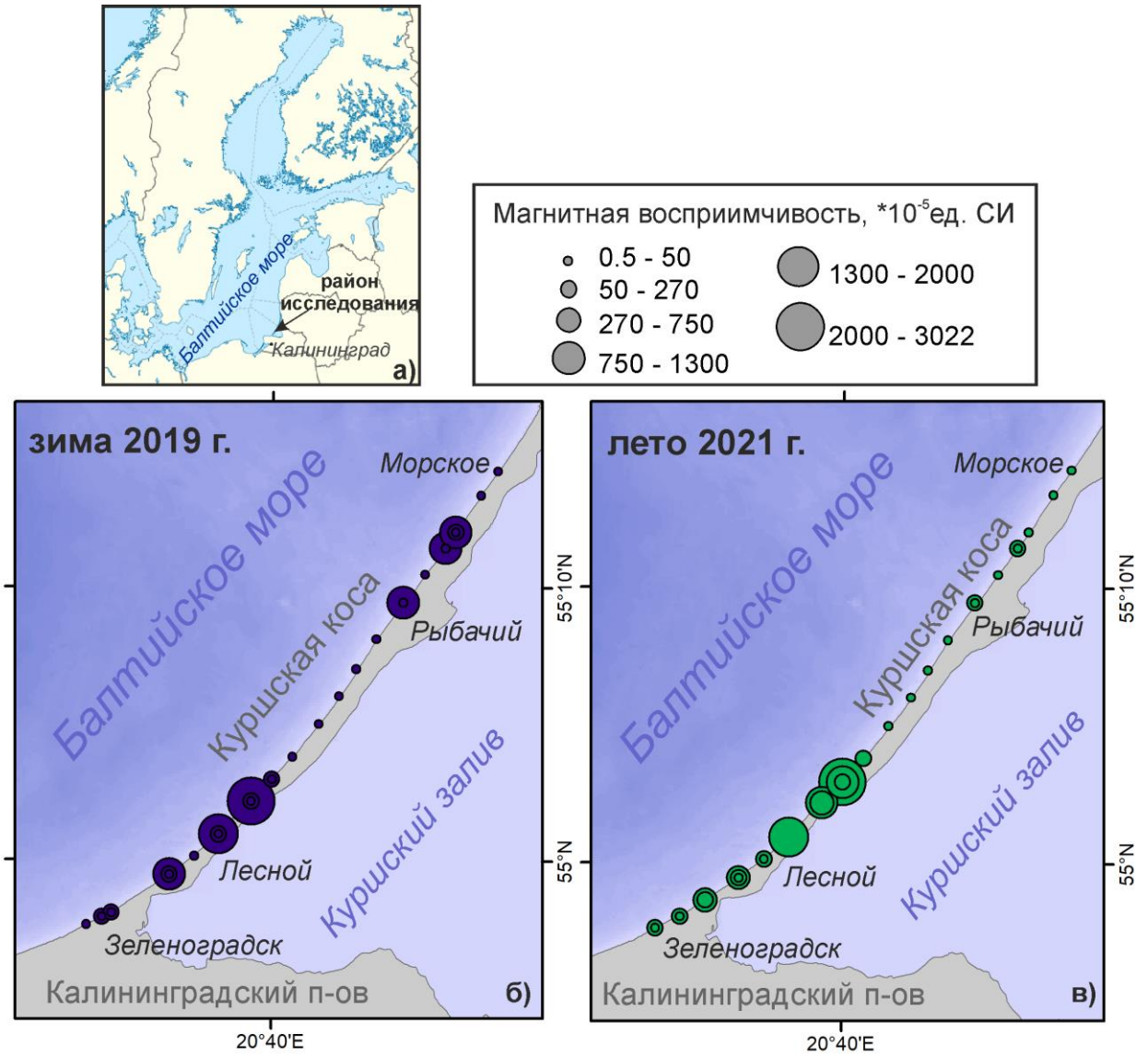


Рисунок 1. Магнитная восприимчивость песков пляжа Куршской косы и г. Зеленоградска: а) – район исследования; б) зима 2019 г.; в) лето 2021 г.

Изучение относительного содержания тяжелых минералов проводилось с помощью измерений магнитной восприимчивости образцов. Как показано в работах [Buynevich et al. 2007; Pupienis et al. 2017], черные рудные пески с повышенным содержанием тяжелых минералов обладают высокой магнитной восприимчивостью благодаря содержанию магнетита, титано-магнетита, ильменита [Харин и др. 2021], являющихся ферромагнетиками и обладающих сильными магнитными свойствами. Таким образом, измерения магнитной восприимчивости позволяют провести экспресс-анализ относительного содержания тяжелых минералов [Pupienis et al. 2017]. Анализ магнитной восприимчивости проводился в сухих образцах осадка системой Bartington MS3, оснащенной датчиком MS2E. Предварительно образцы высушивались, перекладывались в кюветы и накрывались тонкой пленкой для обеспечения чистоты датчика. Магнитная восприимчивость измерялась три раза в каждом образце, за итоговое значение принято среднее трех измерений.

Всего измерено 58 образцов зимней съемки 2019 г. и 54 образца летней съемки 2021 г.

Результаты

Измерения магнитной восприимчивости темноцветных песков подтвердили их повышенную намагниченность по сравнению со светлыми, преимущественно кварцевыми песками. Значения магнитной восприимчивости в черных песках с высоким содержанием тяжелых минералов достигали $3023*10^{-5}$ ед. СИ, тогда как типичные значения для светлых песков варьировались в диапазоне $0,5\text{-}50*10^{-5}$ ед. СИ.

Результаты сезонных съемок в зимний (штормовой) и летний (спокойный) период показали различия в распределении значений магнитной восприимчивости песков пляжа как вдоль побережья Куршской косы, так и на поперечных профилях. Средние значения магнитной восприимчивости были выше летом 2021 г., чем зимой 2019 г. и составили $184*10^{-5}$ ед. СИ (2021 г.) против $170*10^{-5}$ ед. СИ (2019 г.) (Рисунок 1 б, в). Квартильные значения распределения магнитной восприимчивости по годам более показательны. Значения первого квартиля (25% величин) одинаковы для обоих сезонов и составили $0,7*10^{-5}$ ед. СИ, тогда как значения третьего квартиля (75%) составили $26*10^{-5}$ ед. СИ зимой 2019 г. и $177*10^{-5}$ ед. СИ летом 2021 г. Более высокое содержание тяжелых минералов на пляжах Куршской косы летом по сравнению с зимой противоречит предыдущим исследованиям, где показано, что повышенные содержания тяжелых минералов в отложениях пляжа наблюдаются в основном после штормового волнения [Харин и др., 2021].

Пространственное распределение магнитных свойств песков в зимний и летний периоды имело как схожие черты, так и различия. Зимой 2019 г. повышенные значения наблюдались в районе п. Рыбачий и севернее него и достигали $951\text{-}1259*10^{-5}$ ед. СИ. При этом все высокие значения магнитной восприимчивости были зафиксированы в тыльной части пляжа у основания авандюны. Максимальные зимние значения зафиксированы у южной оконечности косы в районе п. Лесной и составили $3022*10^{-5}$ед. СИ (середина пляжа) и $1559*10^{-5}$ед. СИ (тыльная часть пляжа). Летом 2021 г. значения магнитной восприимчивости в районе п. Рыбачий были несколько повышены с максимумами $75*10^{-5}$ед. СИ (в центре пляжа) и $142*10^{-5}$ед. СИ (в тыльной части пляжа). Максимальные величины наблюдались на трех профилях в районе п. Лесной на урезе и достигали значений $1232\text{-}2182*10^{-5}$ед. СИ. Повышенные значения в зимнюю и летнюю съемки наблюдались также в районе г. Зеленоградска, где составили в среднем зимой $89*10^{-5}$ед. СИ и летом $143*10^{-5}$ед. СИ.

Таким образом, в оба сезона наблюдалась тенденция роста значений в южном направлении (Рисунок 1 б, в), что согласуется с данными [Pupienis et al. 2017] и подтверждает выводы о постепенном ослаблении итогового потока наносов, направленного к северу вдоль побережья Куршской косы [Кнапс, 1965]. Однако повышенные значения магнитной восприимчивости у уреза летом по сравнению с увеличенными значениями в тыльной части пляжа зимой могут свидетельствовать о различных источниках тяжелых минералов в разные сезоны. В летний сезон вероятно основным источником является вдольбереговой поток наносов, который в период спокойной погоды и аккумуляции пляжа поставляет тяжелые минералы на пляж с подводного берегового склона и абразионных берегов северного побережья Самбийского полуострова. В зимний сезон основным источником концентратов тяжелых минералов была вероятно авандюна, сильно размытая после разрушительного шторма 3 января 2019 г. Известно, что для дюн Куршской косы характерны прослои черных песков с высоким содержанием тяжелых минералов. При выходе на поверхность эти прослои показывают высокие значения магнитной восприимчивости [Buynevich et al., 2007]. В ходе съемки зимой 2019 г. была отмечена повсеместная абразия морского склона авандюны, обнажившая прослои темно-серого и черного песка. Вероятно поступление этого песка в тыльные части пляжа послужило источником повышенных концентраций тяжелых минералов.

Выводы

Изучение магнитных свойств черных песков пляжей Куршской косы показало, что образцы с увеличенным содержанием тяжелых минералов характеризуются высокими

значениями магнитной восприимчивости. Метод экспресс-измерений магнитной восприимчивости для определения относительного содержания тяжелых минералов оправдал себя как быстрый по сравнению с классическим минералогическим анализом и позволил получить интересные результаты.

Впервые полученные измерения магнитной восприимчивости на профилях вдоль пляжа в зимний и летний сезон свидетельствуют как о пространственной, так и о сезонной изменчивости концентраций тяжелых минералов. Наибольшие концентрации наблюдались в летний сезон в южной части района исследования в зоне уреза. Вероятным источником рудных песков являлся подводный береговой склон и берега Калининградского полуострова. В зимний сезон значения магнитной восприимчивости в среднем были ниже и приурочены в основном к тыльной части пляжа. В этот период основным источником тяжелых минералов вероятно была подмытая авандюна. Максимальные зарегистрированные значения магнитной восприимчивости у п. Лесной и повышенные в районе п. Рыбачий в оба сезона свидетельствуют о существовании локальных источников тяжелых минералов на подводном береговом склоне в этих районах.

Благодарность

Работа выполнена в рамках госзадания ИО РАН (тема №0128-2021-0012). Авторы благодарят администрацию ФГБУ «Национальный парк «Куршская коса» за содействие в организации экспедиций.

Список литературы

Кнапс, Р.Я., 1965. Перемещение наносов у берегов восточной Балтики, in: Развитие Морских Берегов в Условиях Колебательных Движений Земной Коры. Вальгурс, Таллин, pp. 21–29.

Линчюс, А., 1967. Современные концентраты тяжелых минералов на юго-восточном побережье Балтийского моря и некоторые вопросы их образования.

Харин, Г.С., Жуковская, И.П., Исаченко, С.М., Ерошенко, Д.В., 2021. Рудные пески в осадках Куршской косы (Балтийское Море). Океанология 61, 132–140.

Шуйский, Ю.Д., 1973. Некоторые черты дифференциации обломочного материала в береговой зоне Балтийского моря в связи с формированием прибрежно-морских россыпей. Океанология 4, 653–656.

Buynevich, I. V., Bitinas, A., Pupienis, D., 2007. Lithological anomalies in a relict coastal dune: Geophysical and paleoenvironmental markers. Geophys. Res. Lett. 34, 1–5.

Clemens, K.E., Komar, P.D., 1988. Oregon beach-sand compositions produced by the mixing of sediments under a trasngressing sea. J. Sediment. Res. 58, 519–529.

Pupienis, D., Buynevich, I., Ryabchuk, D., Jarmalavičius, D., Žilinskas, G., Fedorovič, J., Kovaleva, O., Sergeev, A., Cichoń-Pupienis, A., 2017. Spatial patterns in heavy-mineral concentrations along the Curonian Spit coast, southeastern Baltic Sea. Estuar. Coast. Shelf Sci. 195, 41–50.

УДК 550.8.014

ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ПЕСЧАНО-АЛЕВРИТОВЫХ ПРОСЛОЕВ В ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕН-ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕЙСА TTR-20)

MINERAL COMPOSITION OF LATE PLEISTOCENE-HOLOCENE SANDY-SILTY LAMINAES IN THE NORTHERN BARENTS SEA (TTR-20 CRUISE DATA)

Томасенко Сергей Васильевич, Косоруков Владимир Леонидович, Ахманов Григорий Георгиевич, Соловьева Марина Андреевна
Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва

Tomasenko Sergey, Akhmanov Grigorii, Kosorukov Vladimir, Solovyova Marina
Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University, Moscow

В 2021 году, с 14 сентября по 14 октября, состоялась экспедиция TTR-20 на НИС «Академик Николай Страхов», в ходе которой выполнялись комплексные геолого-геофизические исследования северной части Баренцева моря.

В экспедиции TTR-20 и ранее, в рейсе TTR-19, обнаружено, что несмотря на удаленность района работ от крупных источников сноса осадочного материала, в отложениях, вскрываемых на полигонах детальных исследований, на основании визуального анализа определяются различные по форме нахождения интервалы алевритов и песков.

Настоящая работа посвящена изучению минерального и гранулометрического составов алевритов и песков, сконцентрированных в виде прослоев и линз в различных стратиграфических горизонтах донных отложений северной части Баренцева моря с целью выявления стратиграфически индикативных характеристик этих отложений.

Район исследований расположен между архипелагами Новая Земля и Шпицберген. В пределах области исследований расположены поднятия Демед и Персеевское, самая южная оконечность трога Франц-Виктории и северная часть Северо-Баренцевоморской впадины.

Геофизические исследования, предшествовавшие пробоотбору, включали сейсморазведку с электроискровым источником, акустическую съемку дна с профилографом и многолучевым эхолотом. Отбор образцов для исследования выполнялся 3-х метровой ударной трубкой с внутренним диаметром 120 мм.

На основании литературных данных (Polyak et al. 1997; Murdmaa et al., 2006), а также по результатам обработки материалов, полученных в рейсе TTR-19, определено, что в пределах Баренцевоморского шельфа выделяются три главных лито-стратиграфических комплекса отложений, связываемые с ледниковыми (комплекс №3), ледниково-морскими (комплекс №2) и нормально-морскими (комплекс №1) обстановками осадконакопления. Отложения всех комплексов имеют характерные для данных комплексов структуры, текстуры, гранулометрический и минеральный состав. В состав каждого из них входят алевро-песчаные прослои, слойки и линзы. В общем случае, предварительное разделение вскрываемого ударными трубками разреза на комплексы может быть осуществлено на основании текстурно-структурных характеристик отложений, их плотности и водонасыщенности. Тем не менее, в некоторых случаях отнесение интервалов разреза к тому

или иному комплексу затруднительно и может требовать детальных датировок и стратиграфического анализа.

Выдвинуто предположение, что, формируясь в принципиально различных палеогеографических и, соответственно, литодинамических обстановках, относительно концентрированная крупнозернистая компонента (прослои, линзы, «карманы» песка и/или алеврита) существенно пелитовых интервалов выделяемых комплексов должна также более значительно отличаться по гранулометрическим характеристикам и особенностям минерального состава.

Действительно, при сравнении минерального состава алевро-песчаных интервалов определено (Томасенко и др. 2020), что, в пределах северо-восточной части Баренцева моря, отложения 3-го комплекса в сравнении с отложениями 1-го комплекса характеризуются повышенными содержаниями гидрослюды, минералов смешаннослойных слюды-смектита, хлорита и полевых шпатов, и пониженными содержаниями кварца (разница до 10%), каолинита и смектита. Выявить типичные черты строения и состава алевро-песчаных отложений 2-го комплекса (ледниково-морская обстановка) по результатам рейса TTR-19 не удалось.

В экспедиции TTR-20 была предпринята попытка собрать для последующего изучения коллекцию образцов, характеризующую северную часть Баренцева моря.

На настоящее время для части коллекции уже выполнен гранулометрический и рентгеноструктурный (минеральный) анализ материала, отобранного в рейсе TTR-20. Предварительно установлено, что в составе материала зернистых прослоев в донных отложениях северной части Баренцева моря существенно больше кварца и меньше полевых шпатов, если сравнивать с песками и алевритами из северо-восточной части региона. Этот факт еще требует объяснений. Анализ особенностей состава средне- и мелкообломочной фракций различных лито-стратиграфических комплексов также еще продолжается.

Список литературы:

Мурдмаа И.О., Иванова Е.В. Послеледниковая история осадконакопления в шельфовых впадинах Баренцева моря. Литология и полезные ископаемые. 1999, № 6, с. 576-595.

Томасенко С.В., Косоруков В.Л., Ахманов Г.Г., Кудаев А.А., Соловьева М.А. Состав и генезис алевро-песчаных прослоев позднеплейстоцен-голоценовых отложений северо-восточной части Баренцева моря. IX Международная научно-практическая конференция «Морские исследования и образование: MARESEDU - 2020», Москва (on-line формат), Россия, 26-30 октября 2020.

Murdmaa et al. Facies system of the Eastern Barents Sea since the last glaciation to present// Marine Geology 230. – 2006. – P. 275–303.

Polyak et al. Late Weichselian deglacial history of the Svyataya (Saint) Anna Trough, northern Kara Sea, Arctic Russia// Marine Geology 143. – 1997. – P. 169–188.

УДК 550.849

БИОМАРКЕРНЫЙ АНАЛИЗ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДОННЫХ ОСАДКОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕДИЦИИ TTR-19)

BIOMARKER ANALYSIS OF BOTTOM SEDIMENT ORGANIC MATTER FROM THE NORTH-EASTERN BARENTS SEA (TTR-19 EXPEDITION RESULTS)

Сигачева Любовь Юрьевна, Валиева Эльвина Ильнуровна, Видищева Олеся Николаевна, Полудеткина Елена Николаевна, Ахманов Григорий Георгиевич
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва

Sigacheva Lyubov Yurievna, Valieva Elvina Ilnurovna, Vidischeva Olesya Nikolaevna, Poludetkina Elena Nikolaevna, Akhmanov Grigorii Georgievich
Lomonosov Moscow State University, Moscow

Баренцевоморский регион в настоящее время является одним из наиболее крупных потенциальных нефтегазоносных бассейнов России. Вместе с тем его изученность крайне неравномерна. Северо-восточная его часть характеризуется очень низкой степенью изученности. Проведение комплексных геолого-геохимических работ в данном регионе является актуальным при обосновании нефтегазоносности Баренцевоморского шельфа.

В основе прямых геохимических методов поиска месторождений лежат представления о вертикальной миграции углеводородных (УВ) флюидов в приповерхностную часть осадочного разреза из нижележащих залежей. Такой процесс часто называют «дыханием залежи». Целью геохимических методов поисков является обнаружение в приповерхностном слое полей, характеризующихся аномальными концентрациями УВ флюидов, т.е. повышенными относительно фоновых. В работе рассмотрены вопросы исследования УВ методами биомаркерной геохимии, позволяющей успешно выявлять прямые признаки нефтеносности, в частности, в донных осадках. Биомаркерный анализ позволяет дифференцировать в органическом веществе донных отложений сингенетичные и миграционные УВ.

Северо-восточный сектор Баренцева моря характеризуется крайне сложным геологическим строением, на которое существенное влияние оказало позднеплейстоценовое оледенение. В результате в приповерхностной части разреза был сформирован мощный комплекс ледникового происхождения, представленный сильно уплотненными слабопроницаемыми глинистыми накоплениями. Данный комплекс выполняет роль флюидоупора, препятствуя миграции УВ флюидов из глубинных залежей. Таким образом, поиск месторождений нефти и газа в данном районе требует серьезного комплексного научного подхода.

Летом 2020 года состоялась экспедиция TTR-19 на НИС «Академик Николай Страхов» по программе «Training-through-Research», целью которой было получение новых сведений о строении верхних горизонтов осадочного чехла в северо-восточной части Баренцева моря, а также изучение УВ флюидов в морских отложениях. На основе геофизических данных для пробоотбора были выбраны структуры предположительной разгрузки УВ флюидов на

морское дно, в частности, структуры «hill-hole pairs», представляющие собой глубокие борозды и приуроченные к их окончанию возвышенности в рельефе дна, и «кратеры гидратного взрыва» - углубления округлой формы, оконтуренные валом. Некоторые зарубежные исследователи связывают формирование данных структур с позднеплейстоценовой гидратоносностью района исследований (Winsborrow at al., 2016; Andreassen et al., 2017). В работе представлены результаты биомаркерного анализа 11 экстрактов из донных осадков, отобранных в 8-и станциях пробоотбора в пределах структур «hill-hole pairs» и «кратеров взрыва».

По результатам биомаркерного анализа большинство образцов донных осадков имеют распределение соединений, характерное для современного органического вещества (ОВ). Отмечается преобладание средне- и высокомолекулярных н-алканов. Низкомолекулярная часть отсутствует или биодеградирована, за исключением образца из станции, отобранной из локального понижения в рельефе (предположительно «кратера взрыва»), которое на записях профилографа характеризуются высокоамплитудными отражениями, свидетельствующими о непосредственной близости коренных пород. Максимум распределения н-алканов в этом образце приходится на н-С16, что может служить свидетельством присутствия миграционной компоненты в составе ОВ.

Во всех пробах наблюдается резкое преобладание нечётных алканов в гомологическом ряду. Особенно ярко нечётность проявлена в высокомолекулярной части (CPI=1,76-3,11, среднее 2,24). Отношение изопреноидных алканов пристана к фитану (Pr/Ph) изменяется от 0,11 до 0,26 (среднее значение составляет 0,19), что указывает на восстановительную обстановку осадконакопления.

В ряду терпановых УВ для оценки термической зрелости чаще всего используются два эпимера трисноргопана состава С27 - 18α(H) и 17α(H). Первый из них (Ts) термически более стабилен, чем второй (Tm). В изученных образцах этот параметр имеет очень низкие значения (от 0,08 до 0,38), за исключением образца, отобранного из предположительного «кратера взрыва», в котором значение отношения равно 0,6.

Помимо отношения Ts/Tm для оценки термической зрелости использовался еще один терпановый коэффициент – отношение эпимеров норгопана Ts состава С29 и норгопана Н29. В результате биомаркерного анализа был выделен образец с повышенным значением данного показателя (более 0,4). Для него характерно аномальное распределение УВ. Также относительно повышенные значения этого коэффициента (более 0,36) зафиксированы в образце из фоновой станции и в двух образцах, отобранных с разных глубин одной станции, приуроченной к предположительному «кратеру взрыва».

Еще один параметр катагенетической зрелости ОВ, важный для дифференциации сингенетичного ОВ осадков и миграционных УВ – отношение гопанов С31 R и S конфигурации. Относительно повышенные его значения наблюдаются в образцах из двух разных «кратеров взрыва» (коэффициент 31S/31S+31R равен 0,34 и 0,23 соответственно).

По соотношению био-гопанов и гео-гопанов с одинаковым числом атомов углерода были выделены два образца из «кратеров взрыва» со значениями меньше единицы (значения M30/H30ab равны 0,83 и 0,56 соответственно), что является признаком смешения незрелых и зрелых, возможно, миграционных, УВ.

Для оценки катагенетического преобразования ОВ и определения стадии генерации им нефти также использовалось отношение стереохимических эпимеров 5α14α17α-стеранов 20S/20S+20R. В процессе катагенеза стераны, имеющие при 20-м углеродном атоме

20R-конфигурацию, трансформируются в более стабильные с 20S-конфигурацией. В образце из станции, отобранной из «кратера взрыва» отношение 29S/29S+29R равно 0,31, что соответствует зоне начала среднего катагенеза и, по всей видимости, говорит о наличии мигрировавших УВ, смешанных с УВ органического вещества биологического облика, сингенетичных толще осадков.

Изучение ароматической фракции битумоида не менее важно в биомаркерном анализе. Для оценки степени зрелости часто используется нафталеновый индекс – отношение изомеров нафталена - 2 и 1, которое возрастает с катагенезом. Повышенные значения этого параметра были выявлены также в образце из предположительного «кратера взрыва» (значение 2MN/1MN равно 2,7).

Таким образом, в результате биомаркерного анализа было установлено, что практически по всем рассмотренным параметрам четко выделяются образцы, отобранные из предположительных «кратеров взрыва». По ряду показателей из общего распределения также выделяется образец, приуроченный к фоновой станции пробоотбора. Они обладают нефтяным обликом. Следовательно, в пределах района исследований может происходить современная разгрузка УВ флюидов из недр на поверхность морского дна. Данное утверждение может послужить толчком к проведению комплексных поисково-разведочных работ в северо-восточной части Баренцевоморского шельфа и открытию потенциальных УВ залежей в перспективе.

УДК 550.312

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОВРЕМЕННЫХ ГЛОБАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ В ЗАДАЧАХ ПЛОТНОСТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ МИРОВОГО ОКЕАНА

ESTIMATION OF THE POSSIBILITIES OF MODERN GLOBAL MODELS OF THE EARTH'S GRAVITATIONAL FIELD IN THE PROBLEMS OF DENSITY MODELING OF THE DEEP STRUCTURE OF THE WORLD OCEAN

Михайлов Павел Сергеевич[1], Грасс Сабина Иоахимовна[2], Коснырева Мария Владимировна[3], Конешов Вячеслав Николаевич[1], Железняк Леонид Кириллович[1]
[1] Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва
[2]Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва
[3]Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

Mikhailov Pavel Sergeevich[1], Grass Sabina Ioakhimovna[2], Kosnyreva Maria Vladimirovna[3], Koneshov Vyacheslav Nikolaevich[1], Zheleznyak Leonid Kirillovich[1]
[1] Schmidt Institute of physics of the Earth of the Russian academy of sciences, Moscow
[2]National Research University Higher School of Economics (HSE), Moscow
[3] Lomonosov Moscow State University, Moscow

Введение

С ростом точности и разрешения глобальных моделей гравитационного поля Земли (ГПЗ) актуальным становится вопрос возможностей их применения наряду с морскими гравиметрическими съемками при решении научных и практических задач. Особенно это касается современных моделей, на акваториях представленных новейшими данными спутниковой альтиметрии, например семейства датских моделей DTU или моделей Института океанографии Скриппса (Калифорнийский университет, Сан-Диего) Sandwell and Smith. По оценкам ИФЗ РАН [Михайлов и др., 2020б] такие модели в Мировом океане в настоящее время наиболее достоверны и перспективны.

Одной из самых востребованных задач для модели гравитационного поля является изучение глубинного строения акваторий [Шайхуллина и др., 2020]. При изучении тектоносферы различных структур в Мировом океане, как правило, глобальным моделям нет альтернативы ввиду отсутствия морских площадных съемок на значительные акватории. Кроме того основные глобальные модели как готовые продукты доступны широкому кругу пользователей.

Современная глобальная модель гравитационного поля это комбинация разноточных и разнородных данных, полученных из различных источников. Источниками данных для низких частот аномалий в комбинированной модели являются высокоточные траекторные орбитальные измерения и данные спутниковой градиентометрии. В средних и высоких частотах (300 гармоника и выше) данные получены на акваториях средствами спутниковой альтиметрии, а на континентах с использованием топографических данных. Также используются имеющиеся у разработчиков моделей данные морской и аэрогравиметрии, но, как правило, объем таких данных ограничен, а в планетарном масштабе незначителен. Кроме того результаты прямых инструментальных съемок применяются не для коррекции, а для первичных оценок готовых модельных решений. Поэтому наиболее эффективным способом определения аномалий в глобальном масштабе в настоящее время является метод спутниковой альтиметрии.

Развитие спутниковых методов, в том числе и альтиметрии, предопределяет совершенствование новых глобальных моделей. В последние годы увеличилось

пространственное разрешение моделей (до 1') и их точность (до 0.7 мГал на абиссальных участках относительно морских съемок). Таким образом, возможности применения современных моделей все более широки, а экономическая целесообразность использования моделей взамен инструментальных съемок не вызывает сомнений. Однако большое значение в такой ситуации приобретает методически правильное использование модельных данных в зависимости от характера решаемых задач и структуры гравитационного поля на исследуемой площади.

Оценки современных глобальных моделей ГПЗ

Возможности применения модельных данных связаны с качественными характеристиками самих глобальных моделей и их региональными особенностями. Полученные ранее результаты взаимных сравнений различных моделей и их сравнений с морскими гравиметрическими съемками показали две особенности, которые необходимо учитывать при решении задач с привлечением модельной информации. В работе [Конешов и др., 2021] была показана зависимость пространственного расположения и величины погрешностей в модельных данных, основанных на спутниковой альтиметрии, от градиента аномального гравитационного поля. Также, на основе сравнительных оценок было определено, что каждая новая альтиметрическая модель, построенная по большему набору спутниковых данных, должна быть достовернее предыдущих и, на основе этого вывода, был разработан методический прием априорного районирования модельного поля [Михайлов, Грасс, 2020а].

В продолжение этих исследований выполнены дополнительные оценки известных моделей разных лет с учетом регионального градиента гравитационного поля. На равнинном участке Бенгальского залива и над Срединно-океаническим хребтом (СОХ) Индийского океана выполнены сравнения морской съемки с первой ультравысокостепенной моделью EGM2008, моделью WGM2012 (над континентами соответствует EGM2008, а на океанах представлена альтиметрической моделью DTU10) [Balmino et al., 2012] и с альтиметрической моделью Sandwell and Smith v29.1 (последняя версия опубликована осенью 2020 года) [Sandwell, Smith, 2009]. Результаты региональных оценок относительно площадных съемок показаны в таблице 1. Графики измеренных и модельных аномалий на характерных профилях показаны на рис. 1.

Таблица 1. Региональные оценки глобальных моделей, СКО, мГал

Модель / Участок сравнения, градиент	EGM2008	WGM2012	SSv29.1
Равнина Макс. 0.004 мГал/м Средний 0.0007 Гал/м	1.333	1.335	1.167
СОХ Макс. 0.023 мГал/м Средний 0.004 мГал/м	5.462	4.272	3.180

Полученные оценки демонстрируют, что над абиссальными участками Мирового океана модели показывают одинаковую достоверность, а над градиентными морфологическими структурами точность каждой новой модели улучшается на 20-25% относительно моделей предыдущих поколений.

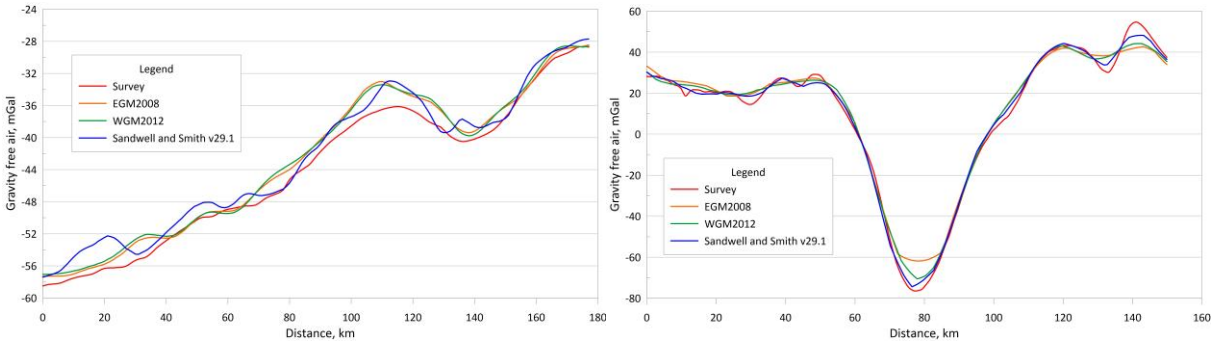


Рис 1. Графики аномалий на равнинном участке (слева) и на Срединно-океаническом хребте (справа). Красный – съемка, оранжевый – EGM2008, зеленый – WGM2012, синий – SSv29.1.

Исследование возможностей моделей ГПЗ в задачах плотностного моделирования

С целью оценки использования современных моделей в задачах плотностного моделирования относительно высокоточных морских гравиметрических измерений, с использованием авторской программы TG-2 [Булычев, Зайцев, 2008], выполнено экспериментальное плотностное моделирование по нескольким морским профилям. В качестве входящей информации об аномалиях силы тяжести используются данные исследуемых ранее моделей и морские гравиметрические измерения.

Качество двумерного плотностного моделирования зависит от наличия структурного каркаса модели, отражающего основные гравитирующие границы. При простом моделировании использовались входящие данные о рельефе дна и глубине, мощности осадков, глубины границы Мохо, возрасте дна океана полученные из доступных глобальных моделей. В качестве данных об аномальном гравитационном поле последовательно использовались данные высокоточной морской гравиметрической съемки и оцениваемых глобальных моделей гравитационного поля: EGM2008, WGM2012 и Sandwell and Smith v29.1. За меру практической оценки глобальных моделей приняты отклонения подобранных в программе TG-2 плотностей коры от полученных с использованием реальных морских измерений. Моделирование также выполнено на равнинном участке Бенгальского залива и на части склона Срединно-океанического хребта. Результаты оценки показаны в таблице 2.

Таблица 2. Региональные оценки глобальных моделей в задаче плотностного моделирования. Максимальные расхождения подобранных плотностей, г/см^3.

Модель / Участок сравнения,	EGM2008	WGM2012	SSv29.1
Равнина	0.07	0.06	0.04
СОХ (часть склона)	0.43	0.50	0.47

Как видно из таблицы 2 полученные с использованием измерений и моделей плотности коры имеют хорошую сходимость, как на равнинном участке, так и в градиентной области. Все проверенные модели показывают схожий результат и могут использоваться в данной задаче. Выбор подходящей модели может быть обусловлен ее разрешающей способностью и масштабом решаемой задачи.

При этом наблюдается некоторая зависимость результата моделирования от региональной точности самих моделей. В задаче двумерного плотностного моделирования увеличение погрешности модельных данных в 2-3 раза (в мГал) уменьшило качество моделирования почти на порядок, хотя задача представляется решаемой. Такая закономерность имеет разное

значение для различных практических задач, но демонстрирует необходимость предварительной оценки влияния возможной региональной погрешности модели на практический результат ее применения.

Выводы

Современные модели гравитационного поля демонстрируют высокую достоверность и могут применяться для изучения глубинного строения Мирового океана как на участках без значительного градиента поля, так и над сложными геоморфологическими структурами. Рост разрешающей способности современных моделей позволяет увеличить детальность двумерной модели. При этом подтверждается важность априорного районирования модельного поля перед использованием в задачах, где модельным данным по существу нет альтернативы, как например рассмотренный в докладе вопрос моделирования глубинного строения океана, и в задачах, где применение моделей, ввиду роста их точности уже становится актуальным.

Для понимания возможностей современных моделей целесообразно выполнять подобные практические оценки различных моделей и над различными структурами с учетом всей области научного и практического использования гравиметрических данных.

Исследование выполнено по госзаданию ИФЗ РАН, а также при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 20-05-00524**.**

Список литературы

Булычев А.А., Зайцев А.Н. TG-2 // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2008611947 от 18.04.2008 г.

Конешов В.Н., Михайлов П.С., Железняк Л.К., Соловьев В.Н. Оценка перспективности и разрешающей способности ультравысокостепенных моделей гравитационного поля Земли // Геофизические исследования. – 2021. – Том 22. – № 1. – С. 40–53.

Михайлов П.С., Грасс С.И. Новые результаты сравнения глобальных моделей гравитационного поля с морскими гравиметрическими съемками // Научная конференция молодых ученых и аспирантов ИФЗ РАН, 28-29 октября 2020 г. Тезисы докладов и программа конференции. – 2020. – С. 48–48.

Михайлов П.С., Конешов В.Н., Погорелов В.В., Спесивцев А.А., Соловьев В.Н., Железняк Л.К. Высокостепенные модели гравитационного поля Земли: история развития, оценка перспективности и разрешающей способности // Наука и технологические разработки. – 2020. – Том 99. – № 4. – С. 5-33.

Шайхуллина А.А., Дубинин Е.П., Булычев А.А., Барановский М.С., Грохольский А.Л. Строение литосферы и условия формирования Чагос-Лаккадивского хребта (плотностное и физическое моделирование) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. –2020. – №4. – С.36-48.

Balmino G., Vales N., Bonvalot S., Briais A. Spherical harmonic modelling to ultra-high degree of Bouguer and isostatic anomalies // Journal of Geodesy. – 2012. – №86. – P. 499–520.

Sandwell D. T., Smith W. H. F. Global marine gravity from retrackedGeosat and ERS-1 altimetry: ridge segmentation versus spreading rate // Journal of Geophysical Research. – 2009. – Vol. 114. – Issue B1. – B0141. – P.1-18.

УДК 550.31

ОСОБЕННОСТИ ЭВОЛЮЦИИ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЗОНЫ СТАБИЛЬНОСТИ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ ПРИ ЭРРОЗИИ МОРСКОГО ДНА В СЕВЕРНЫХ ШИРОТАХ МИРОВОГО ОКЕАНА

FEATURES OF THE EVOLUTION OF THE POTENTIAL STABILITY ZONE OF GAS HYDRATES DURING EROSION OF THE SEABED IN THE NORTHERN LATITUDES OF THE WORLD OCEANS

Суетнова Елена Ивановна[1]

[1]*Институт физики Земли РАН.*

Suetnova Elena Ivanovna[1]

[1]*Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

Введение

Процесс эрозии морского дна в северных морях в некоторых случаях бывает осложнен результатами выпахивания поверхности океанского дна корнями айсбергов при их откалывании и движении. Этот процесс быстрой (в геологическом смысле) эрозии приводит к удалению части поверхности дна и формирует протяженные уступы рельефа [Ottesen et al., 2007]. При таком процессе в зонах существования газовых гидратов размывается поверхностный слой дна, содержащий газовые гидраты и меняется распределение температуры и возможно и давления в среде морского дна. Такие изменения влияют на положение потенциальной зоны стабильности газовых гидратов и могут приводить к возможному разложению или перераспределению газовых гидратов вследствие эрозии дна и изучение этого процесса актуально для понимания эволюции скоплений газовых гидратов и выбросов газа в арктическом дне.

Помимо непосредственного разложения газовых гидратов (если они присутствовали в верхнем слое осадков) вследствие разрушения структуры верхней поверхности дна, эрозия может оказывать влияние и на газогидратные структуры, залегающие в более глубоких горизонтах дна. Удаление (сдирание движущимся айсбергом) с поверхности дна слоя осадков определённой мощности должно приводить к изменению температурного режима и порового давления в осадках. Эти показатели (давление и температура) как раз определяют зону устойчивости газового гидрата [Суетнова , 2011], и их изменение приводит к изменению локализации зоны стабильности газовых гидратов в зоне эрозии дна.

Данные и методы

Исследование влияния эрозии на изменение температурного режима дна произведём с помощью математического моделирования процесса изменения температуры среды морского дна вследствие эрозии на глубину l в определённый момент времени.

Моделирование изменения распределения температуры дна вследствие эрозии.

Уравнение теплопроводности запишется как

$$\frac{\partial f}{\partial t} + A_1 \frac{\partial m \cdot V_f \cdot f}{\partial z} = \kappa \frac{\partial^2 f}{\partial z^2} \qquad (1)$$

где $A_1 = \frac{\rho_f \cdot C_f}{\rho C}$; f – температура; C – теплоемкость; v_f – скорость фильтрации ρ_f – плотность, к –температуропроводность, t- время, z- координата, m- пористость .

Результаты

Решая уравнение (1) получаем что распределение температуры в морском дне после эрозии слоя мощности l при условии что начальный градиент температуры был равен ḅ определяется выражением (2)

$$f=f_0+bz_1 +bl\ \mathrm{erf}(z_1/(2\sqrt{(\kappa t)}) \quad (2)$$

где z1 отсчитывается от новой поверхности осадков.

Полученное решение позволяет нам определять положение новой зоны стабильности для каждого момента времени истории действия эрозии на тепловые условия в дне.

В случае гидростатического градиента порового давления можно считать что процесс эрозии не приводит к разложению газовых гидратов ниже поверхности дна которые остаются в интервале термобарической стабильности газового гидрата и разложение только сопутствует разрушению в эрозируемом слое. Процесс эрозии в целом приводит к

эволюции скоплений газовых гидратов и переформированию их распределения по глубине.

Заключение

Таким образом проведённое математическое моделирование показало ультимативную зависимость процесса эволюции скоплений гидратов от масштаба скорости прогрева дна

после удаления с него определённого поверхностного слоя.

Список литературы

Суетнова Е.И. Аккумуляция газовых гидратов в морском дне при последовательном накоплении осадков в различными транспортными свойствами // Докл РАН. – 2011. – Т. 238.. – №. 6. – С. 813-816.

Ottesen D., *Dowdeswell J.A.*, *Landvik J.Y.* & *Mienert J.* Dynamics of the Late Weichselian ice sheet on Svalbard inferred from high-resolution sea-floor morphology // Boreas. – 2007. – 36. – 286–306

УДК 517.968

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА СУПЕР ЭВМ МОРСКИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ЗОНДИРОВАНИЙ С ДОННЫМИ СТАНЦИЯМИ И МОБИЛЬНЫХ ЗОНДИРОВАНИЙ С ДВИЖУЩИМСЯ ПРИЁМНИКОМ

MATHEMATICAL MODELING ON A SUPERCOMPUTER OF MARINE ELECTROMAGNETIC SOUNDING WITH BOTTOM STATIONS AND MOBILE SOUNDING WITH A MOVING RECEIVER

Барашков Игорь Сергеевич[1]

[1]*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Barashkov Igor Sergeevich[1]

[1]*Lomonosov Moscow State University*

Зондирования с донными станциями

В настоящее время важной задачей является исследование строения шельфа и обнаружение месторождений углеводородов в шельфовой зоне. Именно поэтому последнее время развиваются методы морских электромагнитных зондирований. При морских зондированиях с донными станциями в качестве источника электромагнитного поля обычно используется электрический кабель, который передвигается по поверхности моря, буксируемый судном. Электрическое и магнитное поле измеряется на морском дне с помощью датчиков. На Рис.1 показана модель горизонтально однородной слоистой среды с трёхмерной неоднородностью. Источник электромагнитного поля, буксируемый судном, расположен в точке M_0. Донные датчики изображены треугольничками, расположенными на дне. Донные датчики могут всплывать по команде с судна.

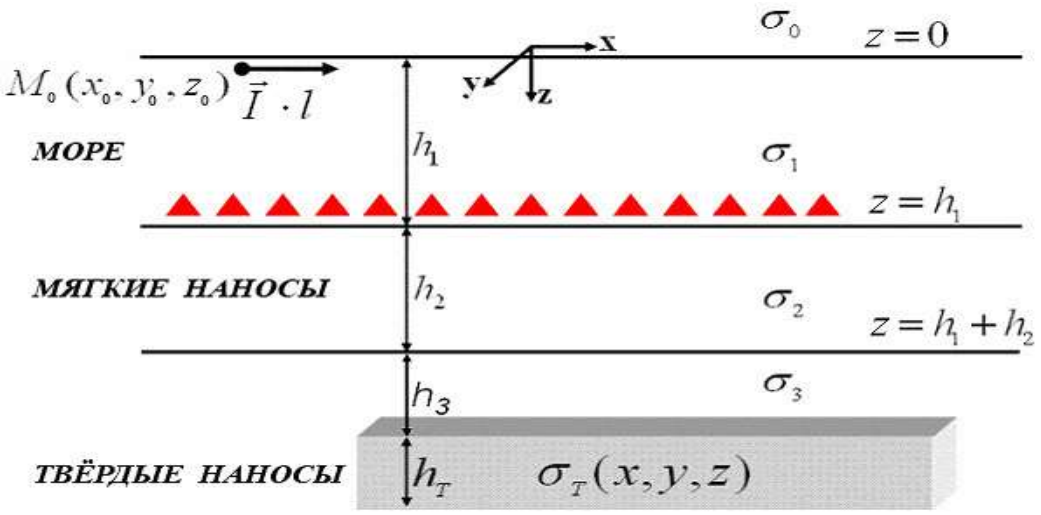


Рис 1. Модель горизонтально однородной слоистой среды с трёхмерной неоднородностью

Интегральное уравнение для аномального тока в прямой задаче имеет следующий вид:

$$\vec{j}(M)-\sigma_a\int_V \hat{G}_E(M,M_0)\vec{j}(M_0)dv_{M_0}=\sigma_a(M)\vec{E}^N(M),\quad M\in V,$$

где

$\vec{j} = \sigma_a \vec{E}$ – избыточный ток в неоднородности,

$\sigma_a = \sigma_T - \sigma_3$ – аномальная проводимость.

После того, как избыточный ток в неоднородности уже найден, электрическое и магнитное поле в любой точке M вне неоднородности можно определить с помощью формул пересчёта:

$$\vec{E}(M) = \vec{E}^N(M) + \int_V \hat{G}_E(M, M_0)\vec{j}(M_0)dv_{M_0},$$

$$\vec{H}(M) = \vec{H}^N(M) + \int_V \hat{G}_H(M, M_0)\vec{j}(M_0)dv_{M_0}.$$

Для численного решения задачи разработана программа для многопроцессорных супер ЭВМ Bluegene, SKIF-MGU Chebyshev и Lomonosov для расчёта электромагнитного поля, возбуждаемого горизонтальным электрическим диполем в горизонтально однородной слоистой среде с трёхмерной неоднородностью со слоем моря, слоем донных осадков и слоем уплотнённого дна бесконечной глубины таким образом, чтобы можно было моделировать неоднородности больших размеров на сетке большой размерности.

С помощью математического моделирования исследован вопрос о том, какие из компонент электромагнитного поля наиболее чувствительны к неоднородностям среды. Разработан метод решения обратной задачи определения глубины залегания неоднородности и её проводимости.

Мобильный метод морских зондирований

При мобильном методе морских зондирований в качестве источника электромагнитного поля используется электрический кабель, который передвигается под поверхностью моря на заданной глубине, буксируемый судном, а вслед за ним на фиксированном расстоянии на той же глубине буксируется приёмник электрического поля. На Рис 2 приёмник расположен в точке M_1 и обозначен треугольничком, а источник расположен в точке M_2 .

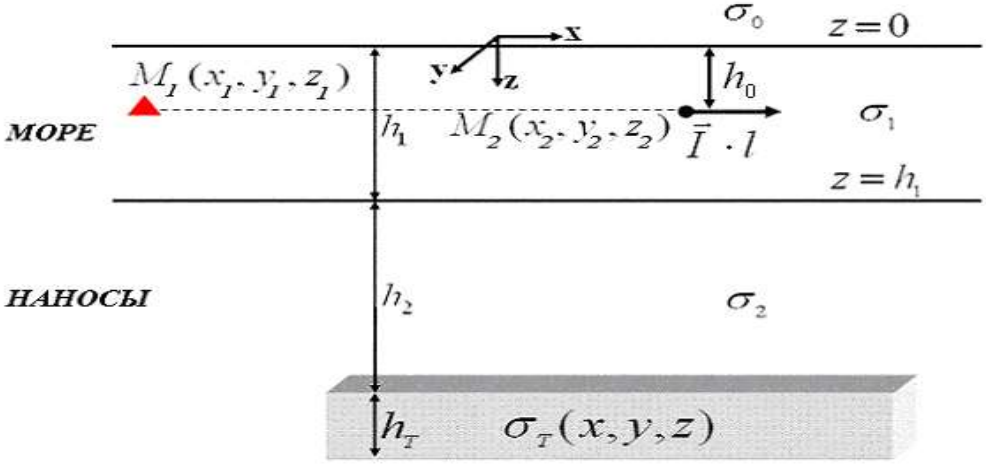


Рис 2. Мобильное зондирование: источник и приёмник буксируются судном

Цель моделирования – определить чувствительность мобильного электромагнитного зондирования для случая зондирования горизонтальным электрическим диполем и вертикальным магнитным диполем. Так как мобильное зондирование используется для поиска месторождений углеводородов, то основной задачей является поиск плохо проводящей неоднородности.

Основные результаты

Горизонтальные компоненты электрического поля при зондировании с донными станциями обладают достаточной чувствительностью для определения границ и глубины залегания залежи.

При мобильном зондировании по вертикальной компоненте аномального электрического поля хорошо определяются границы неоднородности. Математическое моделирование обосновывает эффективность мобильного метода морских зондирований, поскольку при прохождении приёмника над границей неоднородности наблюдается возмущение измеряемого поля как для случая хорошо проводящей неоднородности, так и для случая изолятора. Следовательно, мобильный метод морских зондирований позволяет оконтурить неоднородность и получить хорошее начальное приближение для решения обратной задачи обнаружения месторождений углеводородов в шельфовой зоне.

Список литературы

Barashkov I. S., Dmitriev V. I. Modeling the electromagnetic field of distant sources in a nonhomogeneous medium // Computational Mathematics and Modeling. January 2010, Volume 21, Issue 1, pp 18-29.

Barashkov I. S., Dmitriev V. I. Mathematical modeling of marine sounding by the field of a high-power distant source in the presence of a complex coastline // Computational Mathematics and Modeling. January 2011, Volume 22, Issue 1, pp 35-53.

Dmitriev V. I., Barashkov I. S. Mathematical modeling of marine electromagnetic sounding of a three-dimensional nonhomogeneous medium // Computational Mathematics and Modeling. July 2012, Volume 23, Issue 3, pp 239-253.

Barashkov I. S., Dmitriev V. I. Modeling marine electromagnetic soundings by the reciprocity principle // Computational Mathematics and Modeling. January 2013, Volume 24, Issue 1, pp 1-13.

Dmitriev V. I., Barashkov I. S. Mathematical modeling of mobile marine electromagnetic soundings // Computational Mathematics and Modeling, Vol. 25, No. 3, July, 2014 pp 342-350.

УДК 528+550.837+553.98

ОБ ОБНАРУЖЕНИИ БАЗАЛЬТОВЫХ ВУЛКАНОВ И ЗОН ВОДОРОДНОЙ ДЕГАЗАЦИИ В МОРСКИХ АКВАТОРИЯХ.

ON THE DISCOVERY OF BASALT VOLCANOES AND HYDROGEN DEGASSING ZONES IN SEA AREAS

Якимчук Николай Андреевич[1], Корчагин Игнат Николаевич[2]
[1]ООО «Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии», Киев
[2]Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Киев

Yakymchuk Nykolay Andreevych[1], Korchagin Ignat Nykolayevych[2]
[1]Institute of Applied Problems of Ecology, Geophysics and Geochemistry, Kyiv
[2]Institute of Geophysics, NAS of Ukraine, Kyiv

Введение

В 2019-2021 гг. в различных регионах проводились экспериментальные исследования с целью изучения возможности применения частотно-резонансных методов обработки спутниковых снимков и фотоснимков для обнаружения скоплений водорода и оценки глубин их залегания [Якимчук, Корчагин, 2020]. Целесообразность проведения исследований с целью разработки эффективных технологий обнаружения и картирования скоплений природного водорода в коллекторах разреза, а также локальных зон и крупных площадей его миграции в атмосферу обусловлена намерением ведущих стран мирового сообщества перейти на использование безуглеродных энергетических ресурсов – ветровой, солнечной, геотермальной энергии и водорода. В докладе представленные результаты экспериментальных работ в районах расположения базальтовых вулканов в морских акваториях.

Методы исследований

Экспериментальные исследования рекогносцировочные характера проводятся с использованием мало-затратной прямопоисковой технологии, включающей модифицированные методы частотно-резонансной обработки и декодирования спутниковых и фото снимков, вертикального электрорезонансного зондирования (сканирования) разреза и методики интегральной оценки перспектив нефтегазоносности (рудоносности) крупных поисковых блоков и локальных участков [Якимчук и др., 2019]. В модифицированных версиях обработки спутниковых снимков, а также вертикального сканирования разреза используются существующие базы (наборы, коллекции) осадочных, метаморфических и магматических пород (http://rockref.vsegei.ru/petro/), минералов и химических элементов. Особенности и возможности использованных методов, а также методика проведения измерений описаны более подробно в [Якимчук и др., 2019; 2020; Якимчук, Корчагин, 2020].

Район Бермудских островов

При обработке фрагмента снимка на рис. 1 без центральной части зарегистрированы сигналы от УВ, бактерий, фосфора (желтого), мертвой воды, лонсдейлита, соли калий-магниевой, 7-ой группы осадочных пород (известняки) и 7, 8, 9, 10 групп магматических пород.

В процессе обработки фрагмента снимка в центральной (овальной) части рис. 1 зарегистрированы сигналы от фосфора (красного и желтого), водорода (интенсивный), живой воды, базальтов («глубинных» в том числе).

При сканировании разреза с поверхности, шаг 10 см отклики от базальтов начали фиксироваться с 5 м, а с шагом 1 см – с 1 м. Корень базальтового вулкана определен на глубине

723 км. На глубине 1 м из верхней части разреза получены отклики от 2-ой группы осадочных пород (псаммиты).

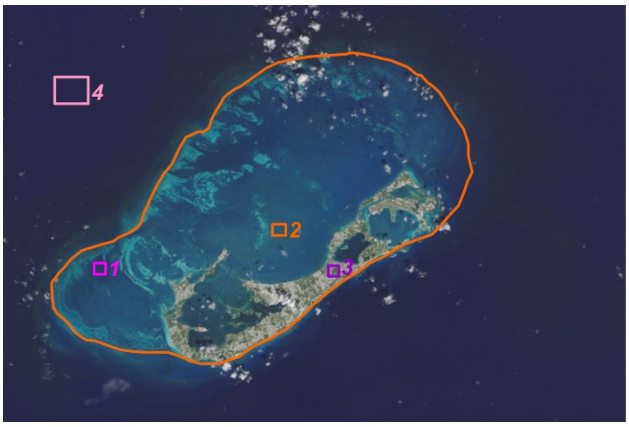


Рис. 1. Спутниковый снимок района расположения Бермудских островов.

При сканировании разреза в прямоугольных контурах 1, 2 на рис. 1 с шагом 10 см отклики от базальтов начали фиксироваться с 92 м и 48 м соответственно. А в процессе сканирования фрагмента снимка в прямоугольнике 3 (на острове) с шагом 1 см отклики от базальтов зафиксированы с 70 см.

В пределах прямоугольного контура 4 на рис. 1 отклики от живой воды не получены, а от мертвой воды и соли калийно-магниевой фиксируются слабые сигналы. В прямоугольниках 2 и 3 получены отклики от живой воды, слабые отклики от мертвой воды, и очень слабые от соли калийно-магниевой. В прямоугольном контуре 3 (на острове) получены только отклики от живой воды.

Результаты рекогносцировочных работ позволяют сделать вывод о существовании крупных базальтовых комплексов в районе расположения Бермудского треугольника.

Район расположения аварийной скважины в Мексиканском заливе

Спутниковый снимок блока обследования в Мексиканском заливе представлен на рис. 2. Положение аварийной скважины (координаты 28°44′18″N, 88°22′02″W) на снимке показано маркером. Прямоугольниками на рис. 2 обозначены отдельные фрагменты частотно-резонансной обработки. В пределах этих участков установлено наличие вулканических комплексов, заполненных породами различного типа.

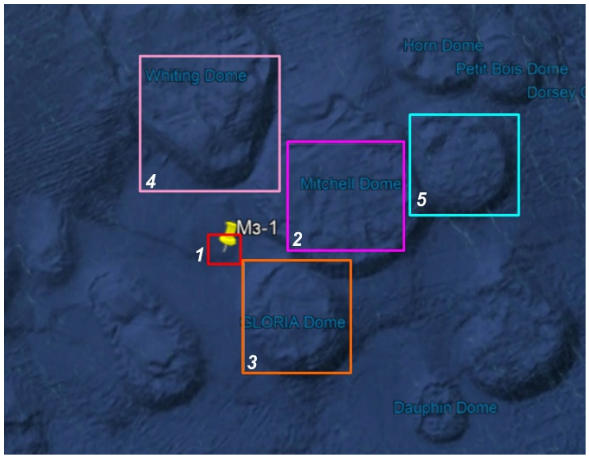


Рис. 2. Спутниковый снимок участка в районе расположение аварийной скважины в Мексиканском заливе. Положение скважины на участке обозначено маркером.

В процессе обработки фрагмента в прямоугольнике 5 с поверхности зафиксированы отклики от водорода, воды глубинной (живой), соли калий-магниевой и 6-ой группы

магматических пород (базальты). Сигналы от УВ, янтаря мертвой воды соли и осадочных пород отсутствовали.

Фиксацией откликов на различных глубинах (50, 150, 94, 98, 97, 95 км) и последующим сканированием разреза с 95 км, шаг 1 м нижняя граница базальтов установлена на глубине 95.340 км. Верхняя кромка базальтов определена сканированием на глубине 1650 м.

На поверхности 69 км получены сигналы от воды (глубинной).

В интервале 95.340-195 км фиксировались сигналы от 11-ой группы магматических пород (кимберлиты). Отклики на частотах алмазов из кимберлитов не получены.

На поверхности 1800 м сигналы от воды (глубинной) зарегистрированы. Отклики от водорода фиксировались в интервалах 1.65-900 км и 69-90 км.

Площадь расположения кратера Росса (район Антарктики)

При обработке спутникового снимка площади расположения кратера (рис. 3) с поверхности зарегистрированы сигналы от 6-ой группы магматических пород (базальты), водорода, фосфора, живой и мертвой воды (смесь). Отклики от живой воды получены на поверхности 3 км из нижней части разреза, а от водорода и базальтов из верхней части.

Фиксацией откликов на различных глубинах и сканированием разреза с шагом 10 см верхняя кромка базальтов зафиксированы на глубине 2720 м. Нижняя кромка базальтов определена на глубине 218 км. Из интервала 218-723 км получены отклики от 10-ой группы осадочных (кремнистых) пород.

На поверхности 2720 м из верхней части разреза получены сигналы от соли калийно-магниевой, мертвой и живой воды и водорода, от базальтов сигналы отсутствовали.

На поверхности 0 м отклики от водорода зафиксированы из верхней и нижней частей разреза, что свидетельствует об его миграции в атмосферу.



Рис. 3. Площадь рекогносцировочного обследования в районе Кратера Росса (Антарктида).

Площадь исследований в районе Антарктического полуострова

В процессе частотно-резонансной обработки спутникового снимка на рис. 4 зафиксированы отклики на частотах фосфора (желтого, красного), водорода, бактерий водородных, живой и мертвой воды, глубинных базальтов, соли калий-магниевой, осадочных пород 8-ой (доломиты), 9-ой (мергели) групп и магматических пород 6-ой (базальты) группы.

При частотно-резонансной обработке отдельных фрагментов снимка на рис. 3 зарегистрированы сигналы от следующих групп осадочных и магматических пород: 1) доломиты, мергели, базальты, долериты и андезиты, лампроиты; 2) доломиты; 3) мергели; 4) доломиты; 5) кремнистые породы; 6) мергели; 7) доломиты, мергели, кремнистые породы, базальты, долериты и андезиты, лампроиты; 8) кремнистые породы; 9) мергели, кремнистые породы, базальты, долериты и андезиты, лампроиты; 10) известняки, доломиты, мергели; 11) доломиты, кремнистые породы, базальты, долериты и андезиты, лампроиты; 12) мергели.

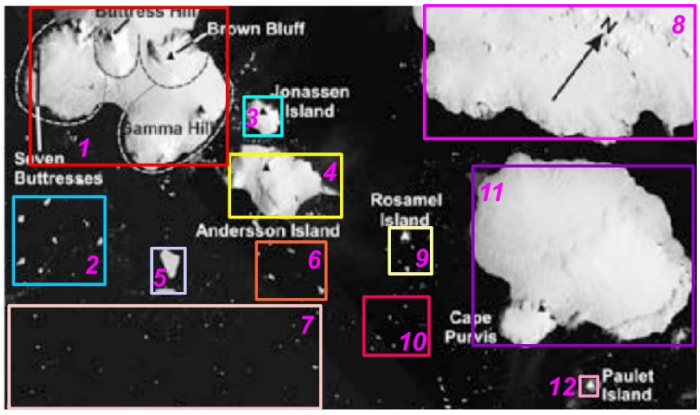


Рис. 4. Спутниковый снимок площади обследования в районе Антарктического п-ва.

Результаты исследований вдоль траекторий перемещения тропических циклонов

В четырех регионах активности тропических циклонов (ТЦ) в 2017 г. (северо-западная и южная части Тихого океана, север и юг Индийского океана) обследовано 56 локальных участков вдоль 5-ти траекторий перемещения циклонов Noru, Hato, Mora, Enawo, Donna [Якимчук и др., 2020]. Дополнительно выполнено обследование центральных зон 25-ти ТЦ, зафиксированных космическими аппаратами в различных регионах земного шара. Результаты обработки снимков 81-го локального участка позволяют сделать вывод, что формирование и перемещение ТЦ происходит, в основном, вдоль участков, в пределах которых расположены базальтовые вулканические комплексы. Дополнительное обследование четырех локальных участков, расположенных не вдоль траектории передвижения ТЦ Noru показало, что в их контурах отклики на частотах базальтов и водорода не фиксируются.

Заключение

На участках расположения базальтовых вулканов с корнями на различных глубинах практически всегда регистрируются сигналы на частотах водорода с поверхности. При выполнении процедуры сканировании разреза отклики от водорода фиксируются практически от верхних кромок базальтовых вулканов до их корней. Эта особенность позволяет предположить, что базальтовые вулканы являются своего рода каналами, по которым осуществляется активная миграция водорода в верхние горизонты разреза и дальше в атмосферу. На многих площадях подтверждены факты миграции водорода в атмосферу, а также возможность обнаружения скоплений водорода в известняках, доломитах и мергелях.

Результаты исследований свидетельствуют о целесообразности применения технологии частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков для обнаружения и локализации зон скопления водорода в районах расположения базальтовых вулканов, а также на участках водородной дегазации. Применение супер-оперативной и мало-затратной прямопоисковой технологии позволит существенным образом ускорить геологоразведочный процесс на водород, а также снизить финансовые затраты на его проведение.

Список литературы

Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Бахмутов В.Г., Соловьев В.Д. Геофизические исследования в Украинской морской антарктической экспедиции 2018 г.: мобильная измерительная аппаратура, инновационные прямопоисковые методы, новые результаты. Геоінформатика. 2019. № 1. С. 5-27.

Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Прямопоисковая технология частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков: потенциальные возможности и перспективы использования для поисков скоплений природного водорода. Геоінформатика. 2020. № 4. С. 3-41.

Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Янушкевич К.П. Модель зарождения и принципы движения тропических циклонов, штормов и депрессий. Геоінформатика. 2020. № 4. С. 54-67.

УДК 528+550.837+553.98

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ РАЙОНА РАСПОЛОЖЕНИЯ НОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГАЗА В ТУРЕЦКОМ СЕКТОРЕ ЧЕРНОГО МОРЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ОБРАБОТКИ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ.

DEPTH STRUCTURE OF THE AREA OF NEW GAS DEPOSITS LOCATION IN THE TURKISH SECTOR OF THE BLACK SEA BY A RESULT OF FREQUENCY-RESONANCE PROCESSING OF SATELLITE IMAGES

Якимчук Николай Андреевич[1], Корчагин Игнат Николаевич[2]
[1]ООО «Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии», Киев
[2]Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Киев

Yakymchuk Nykolay Andreevych[1], Korchagin Ignat Nykolayevych[2]
[1]Institute of Applied Problems of Ecology, Geophysics and Geochemistry, Kyiv
[2]Institute of Geophysics, NAS of Ukraine, Kyiv

Введение

Апробация прямопоисковых методов частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков проводилась неоднократно в разных секторах Черного моря, в том числе и на локальных участках расположения пробуренных, подготовленных к бурению и находящихся в процессе бурения поисковых скважин. Результаты многих выполненных исследований опубликованы, в том числе и в [Якимчук и др., 2019]. В докладе представлены материалы рекогносцировочных исследований в районе расположения двух новых месторождений газа, открытых в турецкой экономической зоне Черного моря в 2020-2021 гг.

Методы исследований

Экспериментальные исследования рекогносцировочного характера проводятся с использованием мало-затратной прямопоисковой технологии, включающей модифицированные методы частотно-резонансной обработки и декодирования спутниковых снимков и фотоснимков, вертикального электрорезонансного зондирования (сканирования) разреза и методики интегральной оценки перспектив нефтегазоносности (рудоносности) крупных поисковых блоков и локальных участков [Якимчук, Корчагин, 2019; 2020]. Отдельные компоненты используемой технология разработаны на принципах «вещественной» парадигмы геофизических исследований, сущность которой заключается в поиске конкретного (искомого в каждом отдельном случае) вещества. В основе разработанных методов лежат обнаруженные Николой Тесла в 1899 г. стоячие электрические волны. В модифицированных версиях методов частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков, а также вертикального зондирования (сканирования) разреза используются существующие базы (наборы, коллекции) осадочных, метаморфических и магматических пород [http://rockref.vsegei.ru/petro/], минералов и химических элементов. Особенности и возможности использованных методов, а также методика проведения измерений описаны более детально в [Якимчук и др., 2019; Якимчук, Корчагин, 2019; 2020].

Участок продуктивной скважины в пределах блока Tuna-1

Информация об открытии крупного газового месторождения в турецкой экономической зоне Черного моря представлена в электронном документе [Turkey…]. Спутниковый снимок моря в районе пробуренной скважины показан на рис. 1, участок обработки обозначен верхним прямоугольным контуром с меткой.

В процессе частотно-резонансной обработки снимка локального участка бурения с поверхности зафиксированы отклики от нефти, конденсата, газа, янтаря, фосфора, горючего сланца, газогидратов, льда, угля, антрацита, живой воды.

Зарегистрированы сигналы от 1-6 групп осадочных пород, от магматических пород отклики отсутствовали. Корень вулкана осадочных пород определен на глубине 723 км.

На поверхности 57 км получены отклики от нефти, конденсата, газа, янтаря и фосфора; на глубине 57.1 км сигналы от этих веществ уже отсутствовали. Отклики от воды живой зафиксированы на поверхностях 57, 69 км, а от мертвой – на 59 км.



Рис. 1. Спутниковый снимок площади расположения продуктивной разведочной скважины (обозначена маркером) в турецкой экономической зоне Черного моря.

На глубине 59 км получены отклики от кобальта, железа, хлора, лития, бериллия, аргона и никеля, а на поверхности 71 км – от хлора, железа и кобальта.

При сканировании разреза с поверхности, шаг 1 м отклики от газа различной интенсивности фиксировались практически без перерыва до 57 км: 1) 580-(1500-интенсивный) (1650- интенсивный) (3700-интенсивный) (до 4300-интенсивный) (5250-интенсивный) (5400-очень интенсивный) (6300-интенсивный) (6700-очень интенсивный) (7700-очень интенсивный), с 10 км – 5 м шаг, с 15 км - 10 м, с 56950 м – 10 см, с 56994 м – 1 см, с 56999.70 - 1 мм, до 57000.40 м.

Учитывая, что глубина моря в точке бурения больше 2000 м, а отклики от газа при сканировании с крупным шагом 1 м начали фиксироваться с 580 м, возникло предположение о миграции газа на участке бурения к поверхности. Дополнительные инструментальные измерения это подтвердили. Так, на поверхностях 1 м и 0 м из верхней части разреза получены отклики от газа, что свидетельствует о миграции газа через водную толщу в атмосферу.

Дополнительно получены отклики от газа на поверхностях 2000 и 2100 м из верхней и нижней частей разреза. При сканировании разреза с 2100 м, шаг 10 см, отклики от газа начали фиксироваться с 2106 м.

На поверхности 3499 м отклики от нефти и конденсата из верхней части разреза отсутствовали, а на глубине 3501 м – зафиксированы. Это указывает на то, что залежи нефти и конденсата расположены на глубинах свыше 3500 м.

В процессе анализа снимка на рис. 1 в рельефе дна были обнаружены заслуживающие внимания структурные особенности. В связи с этим дополнительно проведена обработка снимков двух локальных участков (центрального и южного), расположенных к юго-западу от пробуренной скважины.

Локальный участок 2 (центральный). При обработке снимка участка (прямоугольный контур в центре рис. 1) зафиксированы сигналы от нефти, конденсата, газа, янтаря, фосфора, горючего сланца, брекчии аргиллитовой, газогидратов, льда, угля, антрацита, соли калий-магниевой (с задержкой). Отклики от воды глубинной и мертвой, алмазов, золота, лонсдейлита и соли натрий хлористой не получены.

Зарегистрированы сигналы от 1-6 групп осадочных пород, от магматических отклики отсутствовали. Фиксацией откликов на различных поверхностях (50,150, 250, 450, 550, 470 км) корень вулкана осадочных пород определен на глубине 470 км.

На поверхности 57 км получены сигналы от нефти, конденсата, газа, янтаря и фосфора; на глубине 57.1 км отклики от этих веществ уже отсутствовали.

Отклики на частотах газа отсутствовали из верхней части разреза на поверхностях 1 м, 2 км, 3 км, 3.5 км, а получены на глубинах 4 и 5 км. Отсутствие откликов от газа на глубине 1 м позволяет сделать вывод, что на этом участке миграция газа в атмосферу не происходит.

На поверхности 3.5 км из верхней части разреза получены отклики от фосфора, от нефти и конденсата сигналы отсутствовали. А на поверхности 4 км отклики от нефти, конденсата, газа и янтаря зарегистрированы (из верхней части разреза).

Локальный участок 3 (южный). При обработке снимка участка (прямоугольный контур в нижней части рис. 1) с поверхности не получены сигналы от нефти, конденсата, газа, янтаря, водорода, воды глубинной и мертвой, лонсдейлита, золота, соли калий-магниевой и соли натрий хлористой.

Зафиксированы сигналы от фосфора, алмазов, 11-ой (кимберлиты), 12-ой и 13-ой групп магматических пород; от осадочных пород сигналы отсутствовали.

Фиксацией откликов на различных глубинах (50, 150, 450, 550, 650, 750, 723 км) корень кимберлитового вулкана определен на глубине 723 км. Верхняя кромка вулкана установлена в интервале 1.5-1.7 км.

При сканировании разреза с 1700 м, шаг 1 м отклики на частотах алмазов начали фиксироваться с 1800 м и прослежены до 33.95 км. Начало второго интервала откликов на частотах алмазов зафиксировано на глубине 65.9 км.

Отклики от фосфора зафиксированы на поверхности 57 км. Верхняя граница фиксации откликов от фосфора расположена в интервале глубин 1700-1800 м.

На поверхности 57 получены сигналы от воды глубинной, а на поверхности 61 км – от мертвой (сигналы от мертвой отсутствовали на глубинах 57 и 59 км). На глубине 61 км получены также отклики от хлора, железа и кобальта.

Новое месторождение газа в Черном море

В информационных сообщениях, в [Эрдоган…] в том числе, приводятся сведения об открытии Турцией в 2021 гг. нового месторождения газа в Черном море с запасами, превышающими 135 млрд. куб. м. На рис. 2, на спутниковом снимке района бурения показано положение бурового судна Fatih на новом месторождении "Амасра-1".

В процессе частотно-резонансной обработки фрагмента снимка в прямоугольном контуре (рис. 2) с поверхности зарегистрированы отклики на частотах УВ из 1-6 групп осадочных пород, водорода, фосфора (красного и желтого) и 6-ой группы магматических пород (базальтов).

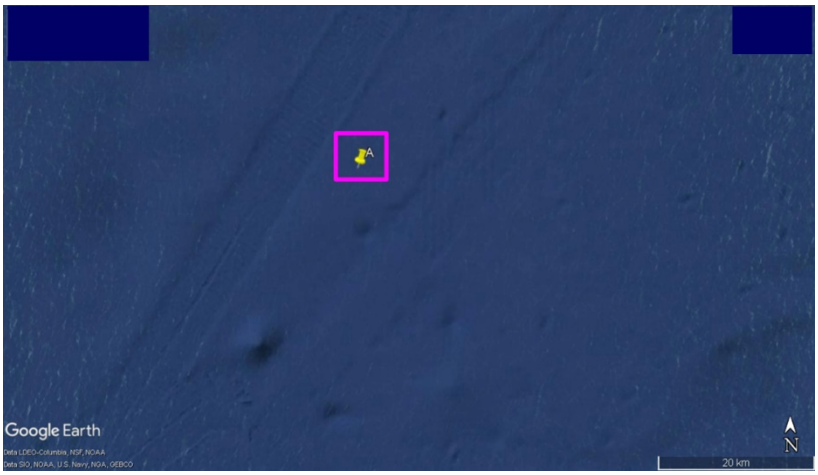


Рис. 2. Спутниковый снимок района расположения месторождений УВ в Черном море.

Корни каналов (вулканов), заполненных осадочными породами 1-6 групп и базальтами зафиксированы на глубине 470 км.

Сканирование разреза на начальном этапе экспериментальных работ не проводилось.

В связи с обнаружением в районе бурения базальтового вулкана, по которому осуществляется миграция водорода, в интегральном режиме проведена также частотно-резонансная обработка всего спутникового снимка на рис. 2 без локального фрагмента в прямоугольном контуре.

В процессе проведения инструментальных измерений с поверхности зарегистрированы отклики от нефти, конденсата, газа, янтаря, углекислого газа, бактерий, фосфора (красного и желтого), водорода, живой и мертвой воды, алмазов, лонсдейлита, калийно-магниевой соли и натрий-хлористой соли.

Зафиксированы также сигналы от 1-6, 8-ой, 9-ой, 10-ой групп осадочных пород, 6-ой (базальты) и 7-ой (ультрамафические), 11 (кимберлиты), 12-13 групп магматических и 14-15 групп метаморфических.

Заключение

Проведенные исследования в районе открытых газовых месторождений в турецком секторе Черного моря дают основания для предположений о наличии крупных залежей углеводородов в этом регионе моря! На участках с продуктивными скважинами в процессе проведения инструментальных измерений зафиксированы очень интенсивные отклики на частотах нефти, конденсата и газа и установлены факты миграции газа через водную толщу в атмосферу.

В процессе частотно-резонансной обработки снимка крупного участка в районе расположения новых месторождений газа в турецкой экономической зоне Черного моря зафиксированы сигналы от водорода, живой воды, а также от 1-6, 8-ой, 9-ой, 10-ой групп осадочных пород, 6-ой (базальты) и 7-ой (ультрамафические), 11 (кимберлиты), 12-13 групп магматических и 14-15 групп метаморфических. Такие результаты являются дополнительными фактами (свидетельствами) в пользу вулканической модели формирования различных полезных ископаемых, а также структурных элементов разреза.

Список литературы

Эрдоган сообщил о новом крупном месторождении газа в Черном море. https://vestikavkaza.ru/news/erdogan-soobsil-o-novom-krupnom-mestorozdenii-gaza-v-cernom-more.html

Якимчук Н.А., Левашов С.П., Корчагин И.Н. Прямопоисковая мобильная технология: результаты апробации при поисках скоплений водорода и каналов миграции глубинных флюидов, минерального вещества и химических элементов. Геоінформатика. 2019. № 2. С. 19-42.

Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Бахмутов В.Г., Соловьев В.Д. Геофизические исследования в Украинской морской антарктической экспедиции 2018 г.: мобильная измерительная аппаратура, инновационные прямопоисковые методы, новые результаты. Геоінформатика. 2019. № 1. С. 5-27.

Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Технология частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ: результаты практической апробации при поисках полезных ископаемых в различных регионах земного шара. Часть I. Геоінформатика. 2019. № 3. С. 29-51. Часть II. Геоінформатика. 2019. № 4. С. 30-58. Часть III. Геоінформатика. 2020. № 1. С. 19-41. Часть IV. Геоінформатика. 2020. № 3. С. 29-62.

Turkey finds 320 bcm of natural gas in Black Sea, Erdoğan announces. https://www.dailysabah.com/business/energy/turkey-finds-320-bcm-of-natural-gas-in-black-sea-erdogan-announces

УДК 550.380; 551.508; 551.501

АПРОБАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОЦЕНКИ ПОЛОЖЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЮСА В ЮЖНОМ ОКЕАНЕ

APPROBATION OF THE TECHNOLOGY FOR ESTIMATING THE POSITION OF THE MAGNETIC POLE IN THE SOUTHERN OCEAN

Тертышников Александр Васильевич,
Фрязинский филиал Института радиоэлектроники РАН

Tertyshnikov Alexander Vasilyevich,
Fryazinsky Branch of the Institute of Radio Electronics of the Russian Academy of Sciences

Введение.

Основные сведения о характеристиках системы мониторинга магнитного поля Земли представлены в [1]. Важнейшими объектами мониторинга являются магнитные полюсы. В последние десятилетия они быстро смещаются. Информация о положении магнитных полюсов доступна на сайтах Всемирной магнитной модели (World Magnetic Model, WMM [2]) и модели Международного геомагнитного аналитического поля (International Geomagnetic Reference Field, IGRF [3]), которые регулярно обновляются примерно раз в 5 лет. Расчеты положения магнитных полюсов производятся по данным высокоточных магнитных обсерваторий примерно раз в 25 лет. Необходима регулярная верификация моделей магнитного поля Земли, например по положению магнитных полюсов.

2020 году измерения магнитного поля в южном полушарии были проведены на гидрографическом исследовательском судне (ГИС) Тихоокеанского флота.

Схема эксперимента.

Целью эксперимента были измерения магнитных склонений по маршруту судна. На этой основе определялось примерное положение зоны южного магнитного полюса Земли (ЮМП) у берегов Антарктиды с использованием модели IGRF и качество этой модели.

Для технического обеспечения эксперимента использовалось штатное навигационное оборудование корабля. Дискретность измерений составляла 1 час.

Для отрезка наблюдений с 17-00 по московскому времени 06.04.2020 до 13-00 09.04.2020 маршрут судна представлен в прямоугольной проекции координат на рис. 1, где использованы результаты моделирования изогон для магнитных склонений в спокойных геомагнитных условиях на 01.01.2020 г.: синие линии – это линии равных склонений с отклонением на север, красные – с отклонением на юг, зеленая линия – это нулевые отклонения. Красная стрелка в продолжение маршрута судна ориентирована на предполагаемое положение южного магнитного полюса по модели IGRF на 01.01.2020 г. Желтые квадраты с годами – рассчитанное положение ЮМП по данным магнитных обсерваторий. Оранжевая кривая – результаты моделирования смещения ЮМП.

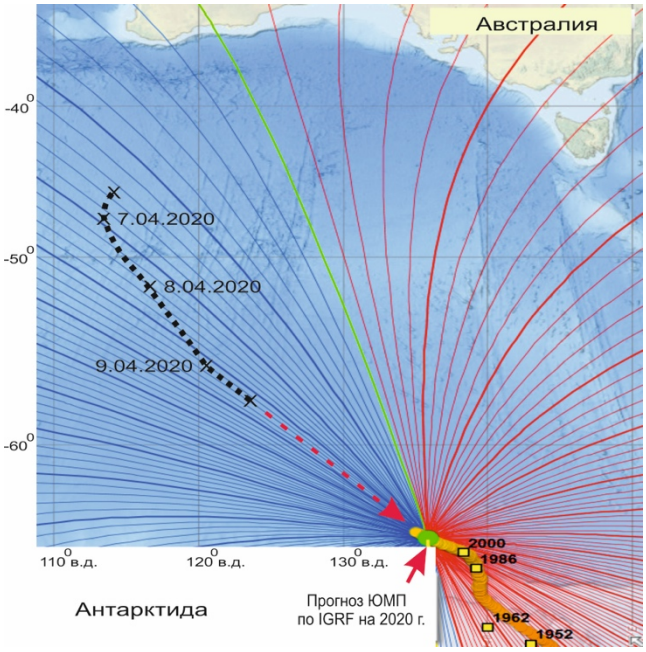


Рис. 1 – Отрезок маршрута эксперимента

Результаты измерений.

Результаты расшифровки маршрутных измерений представлены графиками на рис. 2.

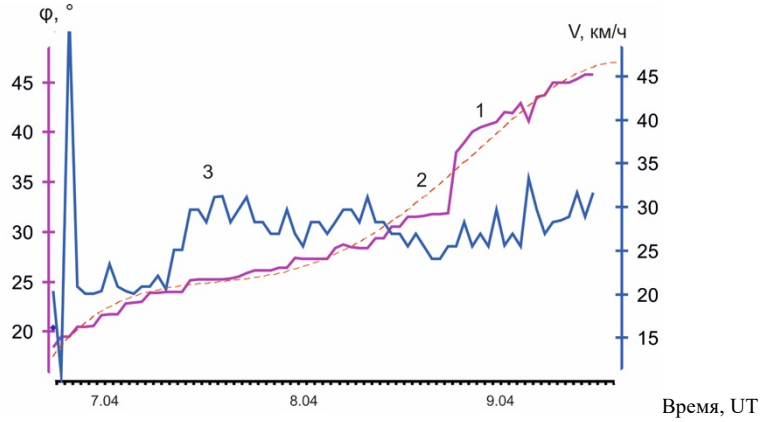


Рис. 2 – Результаты измерений: 1 - фиолетовая кривая – оценка магнитного склонения (градусов от направления на север), 2 - штриховая кривая – аппроксимация кривой 1, 3 - синяя кривая – оценки скорости судна (км/ч).

Для полученных измерений магнитного склонения был подобран оптимальный аппроксимирующий полином 4 степени с высоким уровнем достоверности R^2= 0,9822 в виде: $y=-9E-06x^4 + 0,0013x^3 - 0,0596x^2 + 1,1546x + 16,35$, где x – номер часа от начала эксперимента.

В измерениях оценок магнитного склонения выделяется участок с повышенной производной изменения магнитного склонения в сутки со слабой магнитной бурей 8.04.2020 г. При этом наблюдались сложные гидрометеорологические условия. Слабая возмущенность магнитного поля фиксировалась ночью 8.04.2020 г.

По данным измерений было оценено псевдоположение зоны магнитного полюса с использованием модели IGRF [2]. Использование в расчетах модели WMM [3], где представлены карты для каждого из семи элементов (D, I, H, X, Y, Z и F) магнитного поля и их вековые вариации (скорости изменения), оказалось сложнее в практическом отношении. Разницу между ними могут характеризовать оценки положения магнитного полюса. По

модели IGRF в 2020 г. оценка координат южного магнитного полюса: 135.866 в.д. и 64.081 ю.ш. [4], а по модели WMM: 135.877 в.д. и 64.073 ю.ш. [5].

Разница оценок магнитных склонений по результатам судовых измерений и по модели IGRF для нескольких эпох представлена на рис. 3.

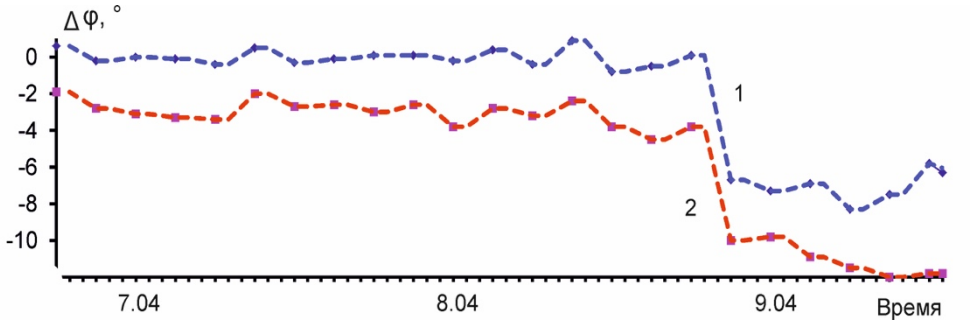


Рис. 3 – Оценки разности магнитного склонения по модели IGRF и измерениям: 1 – по модели IGRF13 2000 г., 2 – по модели IGRF13 2020 г.

Величина Bz во время слабой магнитной бури 8.04.2020 г. уменьшалась. Можно было ожидать небольшие изменения горизонтальных компонент магнитного поля, но не настолько, как в конце суток 08.04.2020 г. Резкое увеличение невязки в конце суток 8.04.2020 г. связано с выходом корабля из зоны холодного фронта и изменением ветра и волнения. Килевая качка сменилась бортовой. Сильная волна начала бить в борт корабля. Одна из них привела к техническим повреждениям крепежа судового оборудования, повлекшим аномальные изменения магнитных склонений. Поэтому после 09.04.2020 г. эксперимент был закончен.

При сравнении полученных измерений с картами магнитных склонений по модели IGRF на эпоху 2000 г., где положением ЮМП было определено по данным магнитных обсерваторий, невязка оказывается меньше, чем при использовании карт магнитного склонения для 2020 г. Разность между измеренным и картированным магнитным склонением можно уменьшить, если определить псевдоположение ЮМП чуть восточнее его оценки на 2000 год. Время покажет, связано ли это с ошибками позиционирования корабля по сигналам Глобальных навигационных спутниковых систем или началось реверсивное движение ЮМП.

Выводы.

Технология оценки положения ЮМП [6] представляет несомненный интерес для экспериментов на плавучих университетах и для навигационного обеспечения судов.

Полученным при измерениях оценкам магнитных склонений лучше соответствует изогоны по модели IGRF13 эпохи 2000 года с соответствующим положением зоны ЮМП.

Литература

1. Магнитные индексы. Учебное пособие/ Тертышников А.В., Сыроешкин А.В. и др. – Москва-Обнинск, 2014. 178 с.
2. https://maps.ngdc.noaa.gov/viewers/historical_declination/
3. https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/WMM/image.shtml
4. https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/data/poles/SP.xy
5. https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/data/poles/WMM2020_SP.xy
6. Тертышников А.В. «Способ определения положения магнитного полюса Земли». Патент. Заявка 2020134228/28(062757) от 19.10.2020.

Морская геофизика

Устные доклады

Marine geophysics

Oral presentations

УДК 550.834

ПРИМЕРЫ ОБРАБОТКИ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ С БУКСИРУЕМЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ НА ШЕЛЬФЕ.

EXAMPLES OF PROCESSING SEISMIC ACOUSTIC DATA WITH TOWED EQUIPMENT FOR SOLVING PROBLEMS OF ENGINEERING SURVEY ON THE SHELF

Токарев Александр Михайлович[1], Понимаскин Алексей Игоревич[1], Хачатрян Артур Мурадович[2]
[1] ООО «Деко-Геофизика»
[2] ООО «Сплит»

Tokarev Aleksandr Michailovich[1], Ponimaskin Aleksei Igorevich, Khachatryan Artur Muradovich[2]
[1] LLC «Deco-Geophysics»
[2] LLC «Split»

Введение

Одной из первостепенных задач инженерных морских сейсмоакустических исследований является идентификация опасных геологических процессов и явлений таких как, например, газонасыщенные грунты, разрывные нарушения, многолетнемерзлые грунты, палеоврезы и т.д. Для эффективного выявления геологических особенностей используется различные методики гидроакустических и сейсмических наблюдений таких как непрерывное сейсмоакустическое профилирование, или 2D и 3D сейсморазведка высокого разрешения, или съемка гидролокатором бокового обзора и т.д. Использование различных методов изучения строения дна и грунтового массива обусловлено тем, что материал, полученный во время съемок, по-разному передает реальную геологическую обстановку и интерпретация определенных аномалий может быть неоднозначна с использованием данными только одного типа. Сейсмоакустические наблюдения с использованием буксируемых кос– один из самых распространенных методов изучения шельфа, что провоцирует желание повышать эффективность обработки для увеличения полезной информации, валидной для интерпретации. Подход к обработке имеющейся информации значительно разнится в зависимости от исследуемых глубин, от глубины моря, от диапазона использовавшихся частот, от погодных и прочих внешних условий во время проведения исследований. Поэтому, к сожалению, нет возможности разработать и использовать один и тот же граф обработки для различных съемок. Обработка данных морской инженерной сейсморазведки на отраженных волнах проводится по методике «общей глубинной/средней точки» (ОГТ/ОСТ). В целом последовательность процедур обработки при наблюдениях с многоканальной сейсмоакустической системой та же, что и для данных, полученных при помощи стандартной сейсморазведки (D.Dondurur, 2018). В тоже время, использование широкого диапазона частот, небольшого заглубления приемно-излучающей системы, коротких кос (<100 м), с малым шагом (1- 3м) между каналами и точками возбуждения порождает свои сложности (S. Vakulenco, 2014, S. Vakulenco, 2016, H.Duarte 2017). В работе будут рассмотрены отдельные процедуры, которые помогают улучшить качество сейсмического материала во время обработки

Примеры использования процедур обработки данных

Большинство инженерных изысканий России проводится в дальневосточных и арктических морях. Производство работа в этом регионе характеризуется коротким периодом, во время которого эти работы возможно произвести в силу погодных условий и ледовой

обстановки. Поэтому, зачастую, данные, получаемые в процессе работ осложнены особенностями, связанными с плохими погодными условиями (помехи, статические поправки). Особенно чувствительны волнению моря высокочастотные методы - такие как СВР и ССВР. Из-за нестабильности условий буксировки происходит рассогласование сигнала. Эффективным методом получения «идентичных» данных является расчет и ввод статических поправок за заглубление, а также подавления волн спутников (Deghosting). Если по исходным сейсмограммам рассчитать автокорреляционную функцию, то второму минимуму на ней будет соответствовать время прихода волны-спутника. Используя это время в качестве статической поправки, можно привести приемно-излучающую к единому уровню «восстановить» геометрию косы для того , чтобы кинематические поправки присваивались правильно. Алгоритмы, в которых реализован адаптивный поиск задержки волны-спутника по временным и пространственным окнам, работают, тем лучше, чем точнее известно время прихода спутника (S. Vakulenco, 2014), которое известно из пикровки АКФ.

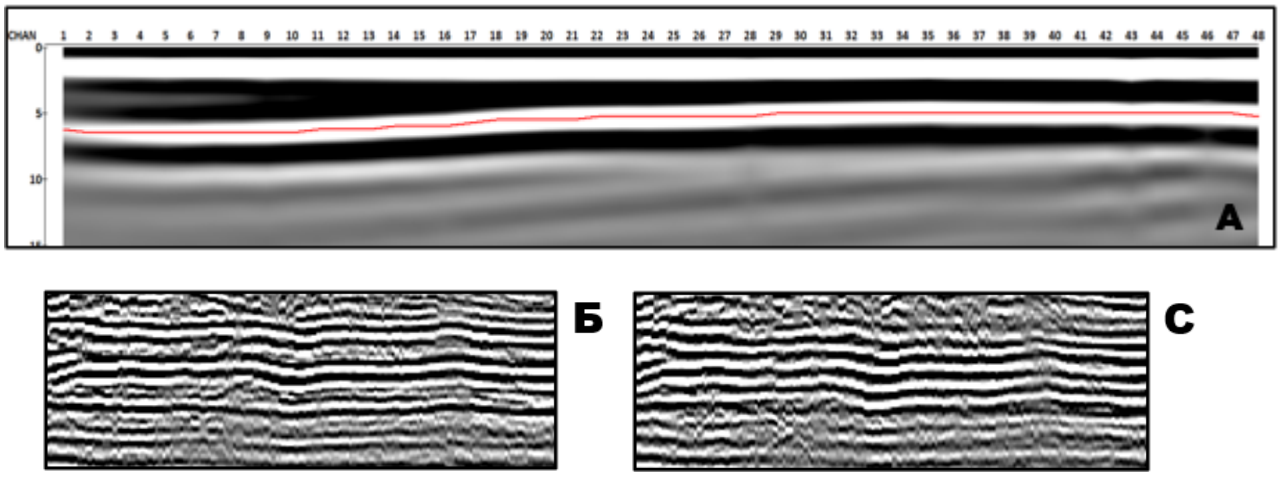


Рис 1. (а) Поканальная пикировка АКФ, (б) фрагмент суммированного разрезра с введенной статической поправкой, (с) франмент суммированного разреза без статической поправки.

Второй наиболее характерной проблемой инженерной сейсморазведки на северном шельфе является низкое соотношение сигнал шум, связанное, в частности, с устаревшим исследовательским флотом не соответствующим современным мировым стандартам сейсмических судов. Алгоритмы многоканальной фильтрации в F-K и тау-пи областях следует применять с большой осторожностью, так как при неудачном подборе параметров или в случае совпадения линейных осей синфазности с реальными геологическими отражениями или дифракциями возможно подавление и тех и тех. Лучшего результата можно добиться, если применять такие фильтры в окнах, а не ко всем данным и рассчитывать разностные сейсмограммы до и после применения фильтрации. За несколько итераций подбора параметров на разностных сейсмограммах можно выбрать такие настройки алгоритмов, которые сохранят максимум полезного сигнала.

При проведении инженерной съемки на высоких частотах используются относительно короткие косы, без систем контроля заглубления». Это приводит к тому, что положение косы по глубине может сильно разниться от профиля к профилю. Также деструктивное влияние на сейсмическое изображение при площадных работах оказывают приливно-отливные течения. Приведение данных к единому уровню наблюдений существенно улучшает прослеживаемость сейсмических событий. Алгоритмы вычисления остаточных статических сдвигов трасс

основаны на сравнение «эталонных» трасс и имеющихся на основе функции взаимной корреляции. Учет влияния приливно-отливных течений при площадных работах возможен с помощью алгоритма, описанного в статье N. Wardell, 2002.

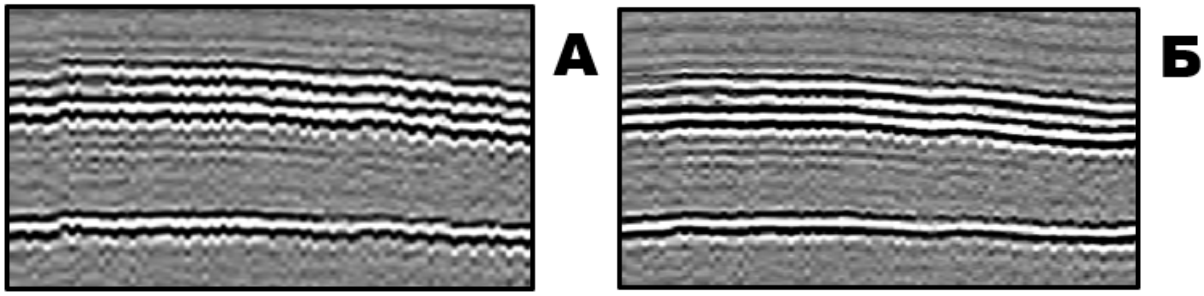


Рис 2. (а) Фрагмент суммированного разреза до введения остаточной статики, (б) фрагмент суммированного разреза после введения остаточной статики.

Пропуски в данных и, особенно неравномерность в распределении удалений в полученных данных, серьезно ухудшают анализ сейсмического изображения, приводят к появлению футпринтов. Главной задачей 3D-регуляризации является интерполяция неравномерно распределенных трасс на равномерную сетку. Регуляризация, по сути, является ключевым фактором, определяющим эффективность последующих процедур обработки и интерпретации.

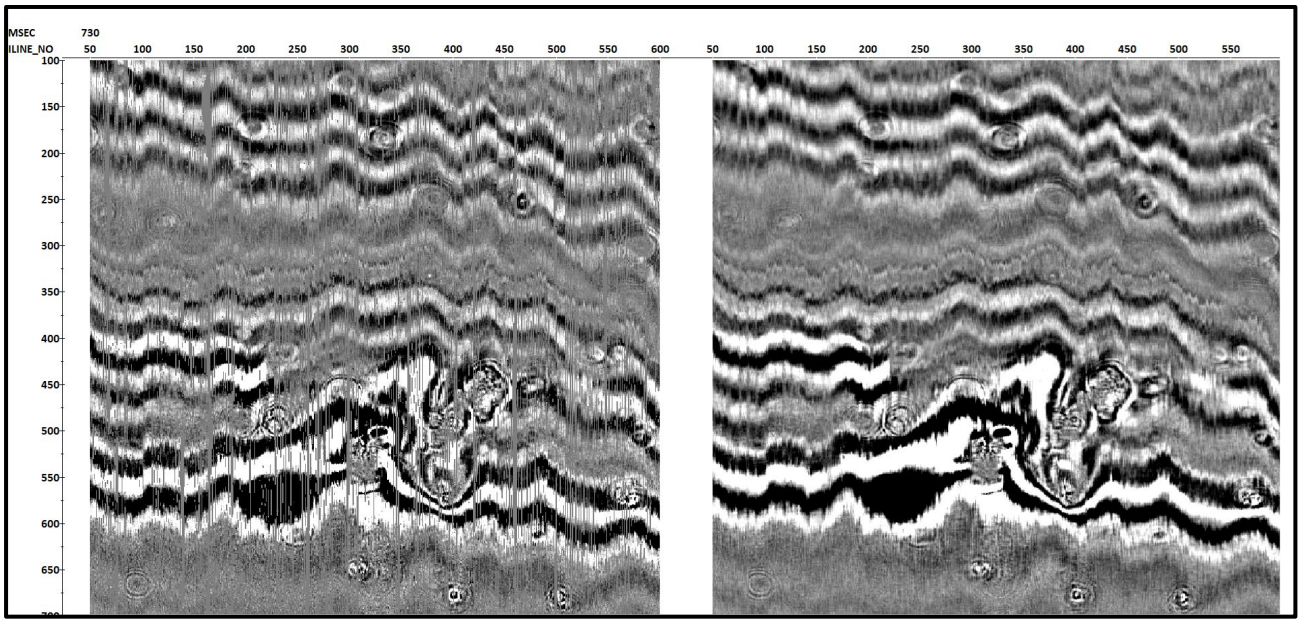


Рис 3. Временные слайсы до применения регуляризации (слева) и после применения (спарава).

Миграция. Перемещение сейсмического сигнала отраженных волн в реальное местоположение отражающих границ или дифрагирующийх объектов – необходимая и зачастую финальная стадия обработки. Без миграции дальнейший анализ, и интерпретацию данных состоятельными назвать нельзя. При этом надо помнить, что 2D миграция, конечно, помогает сузить первую зону Френеля перпендикулярно направлению движения съемки, но полноценное восстановление сейсмического изображения возможно только при проведении 3D миграции.

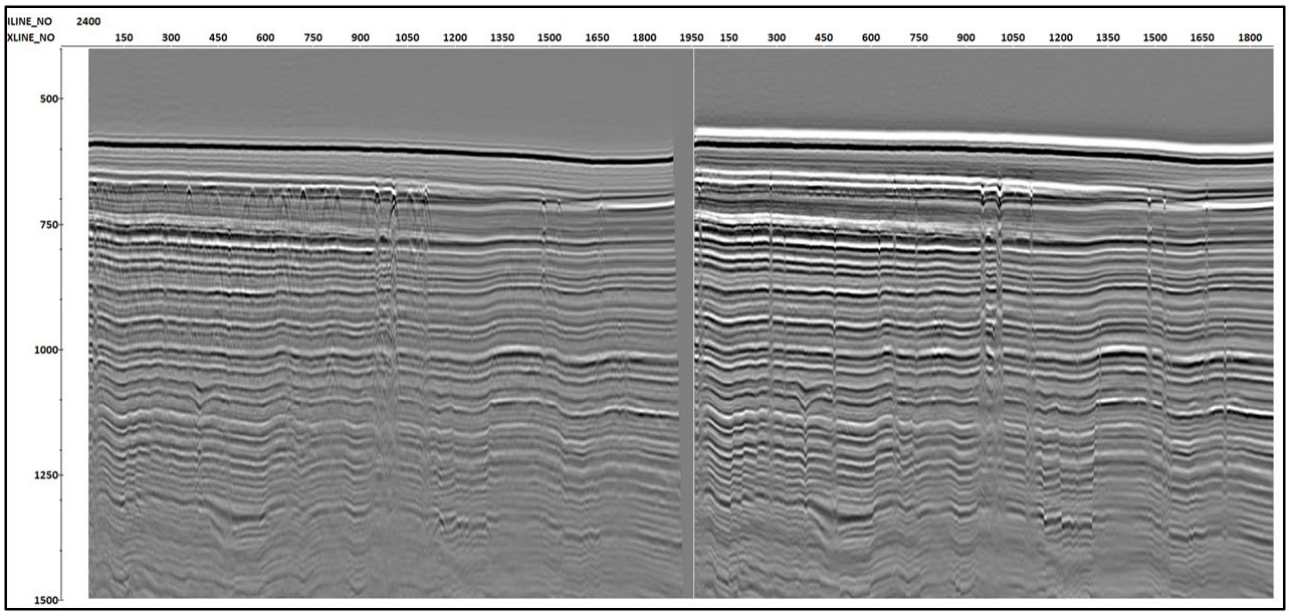


Рис 4. Фрагмент разреза до применения миграции (слева) и после применения (справа).

Заключение

Граф обработки и методика съемки должны подбираться под каждую поставленную геологическую задачу и могут варьироваться в зависимости от глубины воды, целевых интервалов, погодных и др. условий. Зачастую на этапе построения изображения обработка не заканчивается. Для дальнейшего анализа данных требуется расчет и построение карт атрибутов, АВО анализ итд. Для решения различных геологических задач требуется подготавливать различные наборы данных, с сохранением амплитуд или с высоким разрешением, например. В зависимости от этого надо принимать решение о включении или исключении из графа отдельных процедур.

Список литературы

D. Dundurur Aqusition and Processing of Marine Seismic Data // ISBN: 978-0-12-811490-2, Elservier - 2018

Vakulenko S.A, Buryak S.V., Gofman P.A. and Finikov D.B. Deghosting of High Resolution Marine Seismic Data by Adaptive Filtering Algorithm // Near Surface Geoscience - First Applied Shallow Marine Geophysics Conference – 2014

Vakulenko, S.A, Poluboyarinov, M.A., and Buryak, S.V. Implementation and Application of Debbubling Algorithm, Based on Kolmogorov Spectral Factorization // Near Surface Geoscience 2016. Second Applied Shallow Marine Geophysics Conference, EAGE - *2016*

Wardell N., Diviacco P., Sinceri R 3D pre-processing techniques for marine VHR seismic data // First break volume 20.7 - 2002

УДК 551.46

ОБРАБОТКА ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЙ ДЛЯ КАРТИРОВАНИЯ ПОДВОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ.

VIDEO SURVEY PROCESSING FOR MAPPING UNDERWATER LANDSCAPES

Макаров Антон Владимирович[1], Фрих-Хар Анна Юрьевна[2]
[1]ООО «Деко-геофизика», [2]МГУ имени М.В. Ломоносова

Makarov A.V.[1], Frikh-Khar A.Y.[2]
[1]"Deco-Geophysics", [2]Lomonosov Moscow State University

В окрестностях Беломорской биостанции МГУ им. Н. А. Перцова (ББС МГУ) подводная фото и видеосъемка проводится много лет. Основные задачи, которые она решает, связаны с фото- и видео-фиксацией живых организмов и процессов, происходящих на морском дне. Кроме съемки для научно-популярных изданий, научных публикаций и исследований морфологического характера осуществляется съемка морского дна для количественного учета донной фауны и характеристики подводных ландшафтов. Для такой работы, в случае стационарной фотосъемки, используются масштабные рамки, ограничивающие определенную площадь дна в кадре. Так же проводится маршрутная видеосъемка с использованием телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов (ТНПА). Разработана методика маршрутного учета донной фауны с помощью ТНПА [1], которая позволяет получить данные, пригодные для статистической обработки. Применение этой методики позволяет получить количественные оценки плотности популяций отдельных видов.

Современные ТНПА, используемые для маршрутной съемки, такие как аппараты серии "Гном" и "РБ", подключаются к бортовой сети судна-носителя, оборудованы измерительными линейками и лазерами для масштабирования объектов на дне.

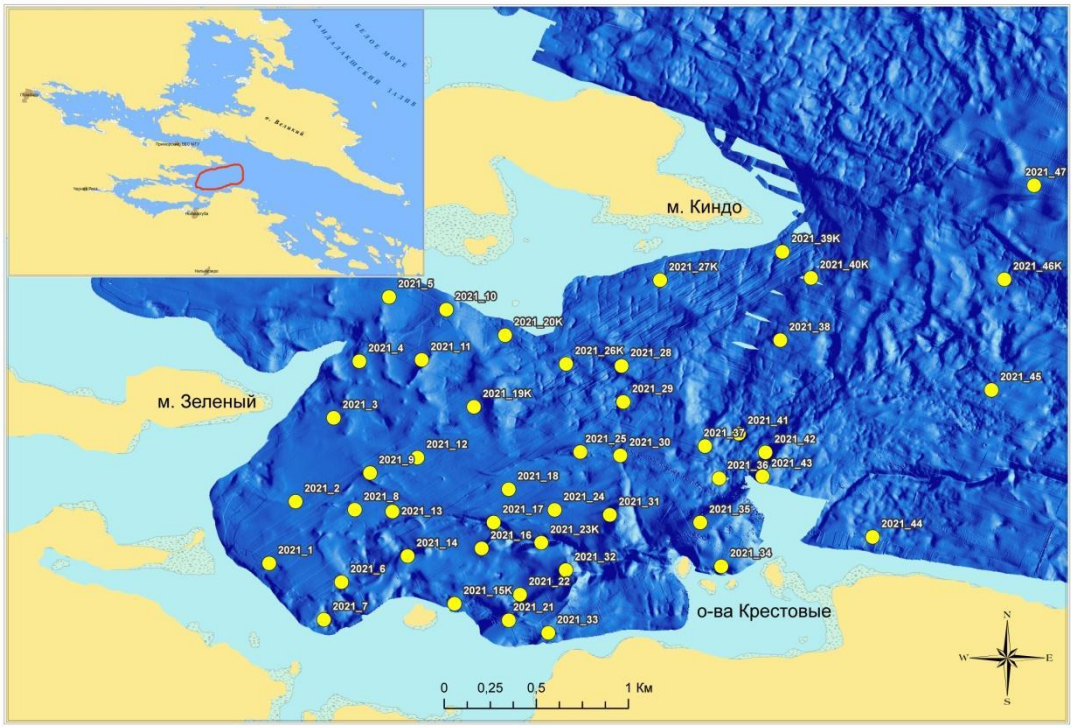


Рис. 1. Точки пробоотбора на полигоне у Крестовых островов, в которых производилась подводная видеосъемка с помощью ТНПА "Gladius mini".

Во время полевого сезона 2021 года в окрестностях ББС МГУ, на полигоне у Крестовых островов (Рис. 1) была проведена работа по апробации обзорного аппарата "Gladius mini" производства "Chasing Innovation" (Рис. 2).



Рис. 2. ТНПА "Gladius mini".

Этот ТНПА оснащен автономным аккумулятором, телевизионным кабелем длиной 100 м и может производить качественную съемку в формате 4К и Full HD со скоростью 120 кадров/сек. С подводного модуля поступает телеметрическая информация о глубине, температуре воды, компасном курсе и наклоне аппарата. Так же передается

видеоизображение, которое отображается на смартфоне оператора. Аппарат производит запись фото- и видеоизображения, после обработки которого можно получить данные по характеристике макро- и микрорельефа дна, механическому составу грунта (ил, песок, щебень, камни, скала), условной видимости под водой (по наличию или отсутствию взвешенных частиц), наличии придонного течения (по сносу аппарата), проективному покрытию водорослей по глазомерной оценке, наличию и количеству животных на дне.

При работе с ТНПА "Gladius mini" необходимо учитывать, что аппарат не оснащен лазерными указками для определения размера объектов под водой. Поэтому трудно определить размер кадра для учета животных на некоторой площади. В холодной воде автономный аккумулятор быстро разряжается. Комплекс не имеет собственного монитора и видеосигнал транслируется на смартфон оператора по wifi связи. Периодически wifi связь разрывается. Комплекс возможно применять только когда нет сильного течения. Несмотря на эти недостатки новейшая система стабилизации по направлению и глубине позволяет эффективно использовать время, не отвлекаясь на выравнивание аппарата на курсе. Аппарат способен двигаться в наклонном положении, поэтому можно хорошо рассмотреть объекты на дне, а наличие автономного аккумулятора в подводном модуле позволяет использовать ТНПА с небольших лодок без подключения к бортовой сети или генератору.

Отсутствие инструментов масштабирования не позволяет получить точную оценку плотности популяций отдельных видов. Тем не менее, обзорные видеонаблюдения помогают выявлять отдельные элементы подводного ландшафта и фиксировать наличие фаций, не выявляемых другими методами, прежде всего – фации твердых грунтов и ассоциированную с ними фауну [1] (Рис. 3).



Рис. 3. Фауна твердых грунтов на видеокадре ТНПА "Gladius mini".

Во время обработки видеосъемки с обзорного ТНПА необходимо выделять 10-и секундные фрагменты прямолинейного движения с постоянной скоростью. Каждый фрагмент просматривать с остановками для оценки ландшафта. Производить подсчет количества животных или их следов жизнедеятельности на каждом фрагменте. Из просмотра исключать фрагменты с остановками аппарата, маневрами, разрывом связи, резким

ухудшением видимости из-за взвешенных частиц. Делать корректировку количественного учета объектов на каждом фрагменте без перекрытия.

Для подобных видеозаписей применяется метод относительного учета численности. Нормированные на единицу времени показатели относительного обилия трансформируются в баллы обилия или в условные единицы количества особей на время записи. Такие данные используются для выявления пространственного распределения видов, сопряженности нескольких видов и биотопической приуроченности видов и их группировок [2].

Благодаря высокому качеству видеосъемки ТНПА "Gladius mini" на отснятых кадрах достоверно распознаются следующие животные:

1. Некоторые губки (*Leucosolenia complicata (Montagu, 1812), Halichondria panicea (Pallas, 1766), Phakettia cribrosa (Miclucho-Maclay, 1870), Polymastia arctica (Merejkovsky, 1878), Isodictya palmata (Ellis & Solander, 1786)*).

2. Гидроидные полипы (*Tubularia indivisa (Linnaeus, 1758)*).

3. Сидячие медузы (*Lucernaria quadricornis (Műller,1776), Lucernaria bathyphila (Haeckel, 1880)*).

4. Коралловые полипы (*Stomphia coccinea (O.F. Műller,1776), Metridium senile senile (Linnaeus, 1767), Halcampa duodecimcirrata (Sars, 1851), Cerianthus lloydii (Gosse, 1859), Gersemia fruticosa (Sars,1860)*).

5. Многощетинковые черви (ямки и холмики *Arenicola marina (Linnaeus, 1758)*, венчики щупалец *Branchioma arctica (Ditlevsen, 1937)*, *Chone infundibuliformis (Kroyer,1856)*, трубочки и венчики щупалец *Pseudopotamilla reniformis (Linnaeus, 1788)*).

Так же хорошо распознаются некоторые виды моллюсков, мшанок, ракообразных, иглокожих, асцидий и донных рыб.

Хорошо различимы следы, которые оставляет на илистом грунте рак-отшельник *Pagurus pubescens*. Видны палочки - мачты, которые делают *Diopedos bispinis*. Распознаются поселения рачков *Crassicorophium bonnellii* в виде скопления коротких трубочек на илистом грунте. Так же видны следы кормления тюленей - ямы в илистом грунте, которые они оставляют во время поиска моллюсков.

Результаты обработки видеосъемки заносят в таблицу, в которой отображают координаты точки погружения аппарата, телеметрические данные по каждому фрагменту, характеризуется ландшафт, рельеф, состав грунта, покров водорослей и видовой состав донной фауны с количеством особей (колоний).

При работе с ТНПА "Gladius mini" легко можно подсчитать животных на мягких и твердых грунтах на глубинах более 15 м. Если съемка ведется на меньших глубинах, в "зоне красных водорослей", то на каменистых грунтах наблюдается сплошной покров донных организмов, которые плотно обрастают твердый субстрат. В этом случае очень трудно точно подсчитать число особей (отдельных колоний) каждого вида, поэтому производится глазомерная оценка проективного покрытия для некоторых организмов (губки, водоросли, гидроидные полипы), и приблизительная оценка численности отдельных представителей макробентоса, которые являются фоновыми для данной фации.

Для ТНПА, производимых компанией "Chasing Innovation" предусмотрено различное навесное оборудование, в том числе лазерные измерители. Аппараты, оснащенные такими приспособлениями, входят в линейку профессиональных и относятся к дорогостоящим. Легкие аппараты, такие как ТНПА "Gladius mini" находятся в "средней" ценовой категории.

Они позиционируются, как обзорные, но благодаря удобству в работе и высокому качеству фото и видеосъемки с их помощью возможно выполнять ряд задач для научных работ по изучению подводных ландшафтов. Это позволило сделать ряд выводов по использованию аппаратов подобного класса:

1. Применение легких ТНПА возможно для описания типов подводных ландшафтов на глубинах до 100 м.

2.Количественный учет донной фауны без инструментов масштабирования (лазерных указок) дает приблизительную оценку плотности населения дна.

3. Видеосъемка в хорошем качестве позволяет подробно описывать локальные сообщества донных организмов в каждом типе подводного ландшафта.

4. Как один из методов комплексного изучения морского дна, подводная видеосъемка с легких ТНПА вносит весомый вклад в описание подводных ландшафтов, наряду с измерением течений, применением гидролокаторов бокового обзора (ГЛБО) и пробоотбором.

Список литературы

1. Мокиевский В.О. Подводная видеосъемка как метод количественного изучения бентоса // Современные методы и средства океанологических исследований: Материалы XIV Международной научно-технической конференции «МСОИ-2015». Том II. – М., 2015. – 367 с.

2. Мокиевский В.О. О методах количественной обработки видеозаписей для учета макробентоса // Современные методы и средства океанологических исследований (МСОИ-2019). Материалы XVI всероссийской научно-технической конференции. Том II. – М.: ИД Академии Жуковского, 2019. – 296 с.

УДК 608.2

АНАЛИЗ СОВОКУПНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ МОНИТОРИНГА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ, С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ РОБОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

ANALYSIS OF THE TOTAL TECHNOLOGIES FOR MONITORING WATER RESOURCES INDICATORS, APPLICATION OF AUTOMATED ROBOTECHNICAL COMPLEXES

Гладышев Михаил Дмитриевич, *ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет», г. Астрахань, ул. Татищева 20А.*
Тамков Павел Игоревич, *ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет», г. Астрахань, ул. Татищева 20А.*
Gladyshev Mikhail Dmitrievich*, Astrakhan State University, Astrakhan, st. Tatishcheva 20A.*
Tamkov Pavel Igorevich, Astrakhan State University, Astrakhan, st. Tatishcheva 20A.

Аннотация:
Данная статья посвящена основным технологиям, нашедшим свое применение, в разработках различных подводных аппаратах, будь то автономного применения или телеуправляемого. Так же в статье пойдет речь о возможных способах и методах получения данный, находясь под водой, с фокусом на визуальный осмотр, с использованием камеры и алгоритмов систем технического зрения.

Основа перемещения

При создании различного рода подводных робототехнических комплексов, или же похожего типа аппаратов, встаёт вопрос об их маневренности и подвижности. Данную роль в подводных системах, в основном, выполняют движители различных типов: водомет, гребное колесо, гребной винт, крыльчатки движитель, и иные электромеханические приводы. На сегодняшний день, при создании собственного подводного робототехнического аппарата – SMELCOM ROV, встал вопрос, об использовании в его конструкции моторно-винтовых сборок изготовленных на основе самостоятельно выполненных расчетов.

На текущем этапе работы, в разработанном аппарате, применяются различного рода композитные материалы, в том числе фотополимерная смола, используемая для изготовления моторно-винтовых сборок, с заданными параметрами, и предварительно рассчитанными. На текущий момент установлены сборки 2 образца, они уже неоднократно рассчитывались, на предмет выявления заводских особенностей, заявленных производителем.

В этот раз, задача стоит куда масштабнее, определить особенности поведения жидкости, в новых сборочных единицах, в основе которых используются моторы с большей мощностью на 35%, а также гребной винт, спроектированный с использованием суперкавитирующим профилем гребного винта, а также не 3-ёх, а уже 4-ёх лопастей.

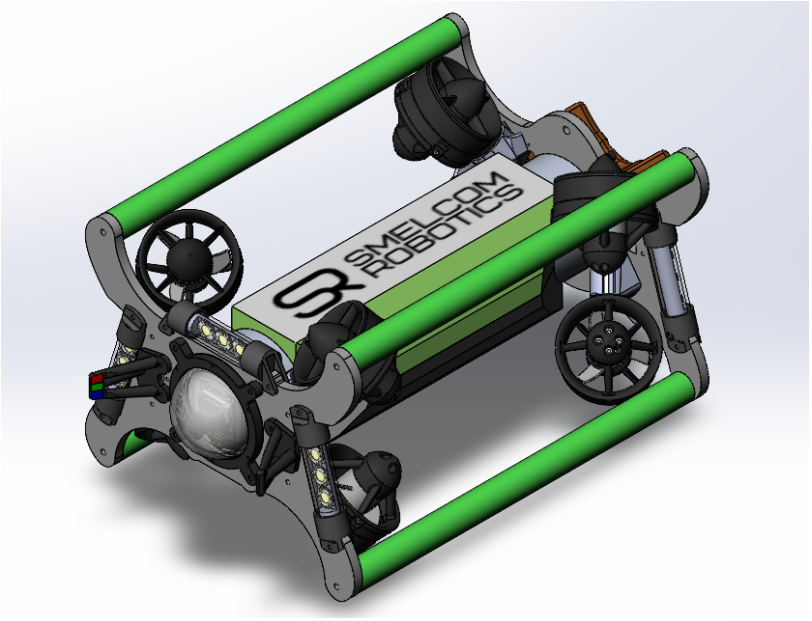


Рис. 1. *Внешний вид разработанного аппарата*

Для удовлетворения условий высокой маневренности аппарата, а также тяговых потребностей, необходимых в реальных условиях при проведении осмотровых работ в реках, морях и других водоемах. Необходимо проведение симуляционных испытаний, разработанного сборочного узла. Для проведения подобных расчетов, был выбран SOLID WORKS, с дополнением Flow Simulation учебная версия.

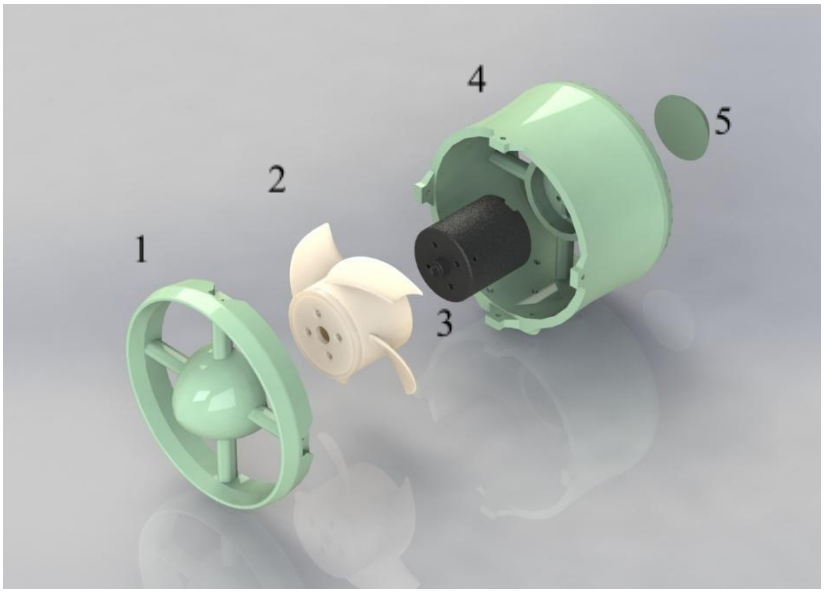


Рис. 2. Новый винтомоторный узел: (1) передний обтекатель (2) гребной винт, (3) электромотор, (4) кожух, (5) задний обтекатель.

В ходе проведения нескольких итераций расчетов, были получены следующие данные: выходящая скорость потока воды, достигает до 2.5 м/с, средняя около 1.4 м/с; Тяга винта, составляет около 2.5 кгс; Так же, были получены графические выходные данные, о формировании скоростного распределения потоков воды, образованные гребным винтом, при вращении с частотой 4500 оборотов в минуту.

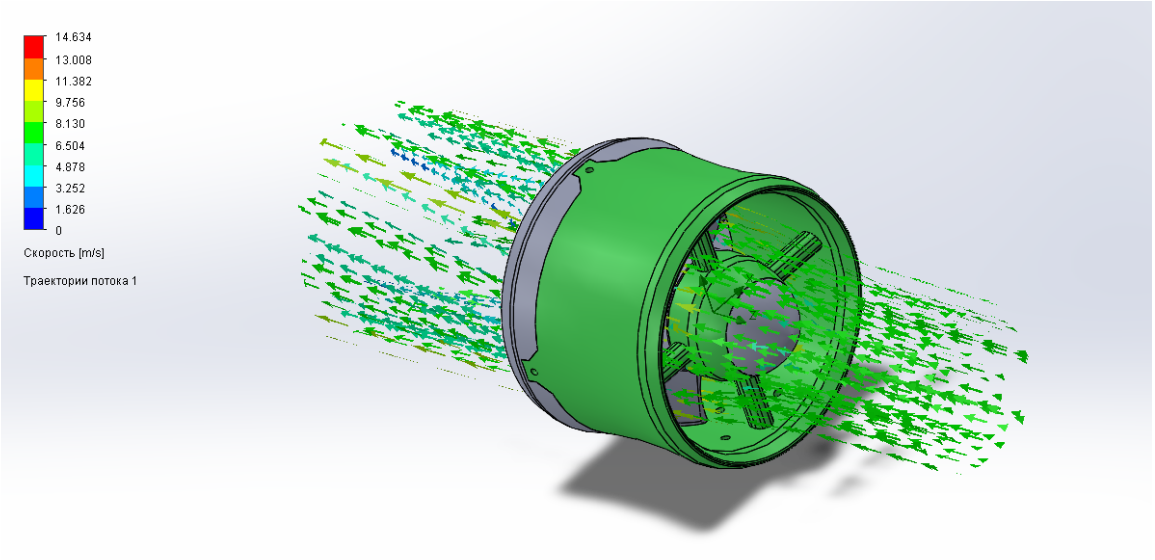


Рис. 3. Поведение потока воды, в новой сборке

В связи с полученными результатами расчетов, можно сделать вывод, что при установке на подводный робототехнический комплекс восьми моторно-винтовых сборок, и их одновременной работы, можно добиться суммарной тяги около 15 кгс. Данной тяги вполне достаточно, для проведения смотровых работ на реках, где течения составляют в среднем от 2 до 6 км/ч.

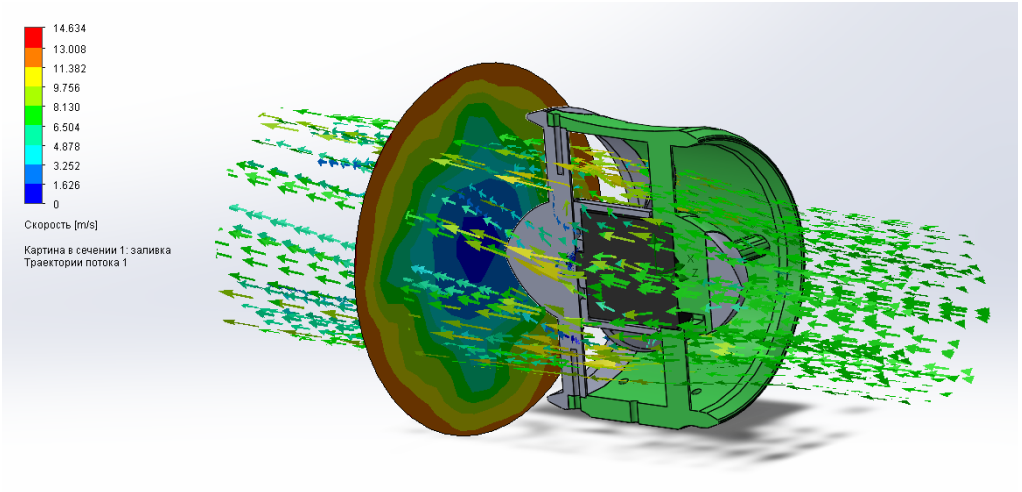


Рис. 4. Распределения скорости воды

Технологии мониторинга.

Среди модулей аппарата, отвечающих за фиксацию данных, помимо камеры, можно установить различные вспомогательные датчики, позволяющие проводить комплексные анализ водных ресурсов, не покидая фиксированную глубин, или же с ее изменением, с передачей данных в режиме реального времени, или записью, но с учетом того, что многое из оборудования, предназначено, для снятия проб на суше, и не подходит, для эксплуатации в воде, то базовыми технологиями, способных к установке на аппарат, будут являться:

- Определение мутности при помощи стереокамеры;
- Снятие проб грунта, грунтозаборным механизмом, массой до 1000 гр;
- Снятие температуры грунта специальным буром с термометром;

- Взятие проб воды на различных горизонтах;
- Водонепроницаемый датчик снятия окислительно-восстановительного потенциала воды;

При этом, оборудование, подходящее для проведения анализа на суше, может быть:

- Ионоселективные электроды;
- Хромотограф;
- Спектрофотометр;
- Спектрометр;
- Модуль снятия показаний концентрации хлорофила в воде;
- Иммуноферментный анализ;
- Полимеразная цепная реакция в реальном времени

И многое другое. Но с учетом того, что на текущий момент на аппарате установлена стереокамера, то все замеры сейчас, выполняются путем визуального осмотра. При этом необходимо точно откалибровать камеру, для точного использования СТЗ, а также минимизации влияния преломления водной среды, для этого существуют несколько методик.

В основном, искажения, получаемые на камере, бывают двух видов – радиальное и тангенциальное. Радиальное искажение приводит к тому, что прямые линии выглядят изогнутыми. Радиальное искажение увеличивается по мере удаления точек от центра изображения. На рисунке 6 показано изображение с камеры, на котором два края калибровочного шахматного шаблона отмечены красными линиями. Граница шаблона не прямая и не совпадает с красной линией. Все ожидаемые прямые выпуклые.

Радиальную деформацию можно представить следующим образом:

$$x_{distorted} = x(1 + k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6) \quad (1)$$
$$y_{distorted} = y(1 + k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6)$$

Точно так же тангенциальное искажение возникает из-за того, что линза для съемки изображения не выровнена идеально параллельно плоскости изображения. Таким образом, некоторые области изображения могут выглядеть ближе, чем ожидалось. Величину тангенциального искажения можно представить следующим образом:

$$x_{distorted} = x + [2p_1 xy + p_2(r^2 + 2x^2)] \quad (2)$$
$$y_{distorted} = y + [p_1(r^2 + 2y^2) + 2p_2 xy]$$

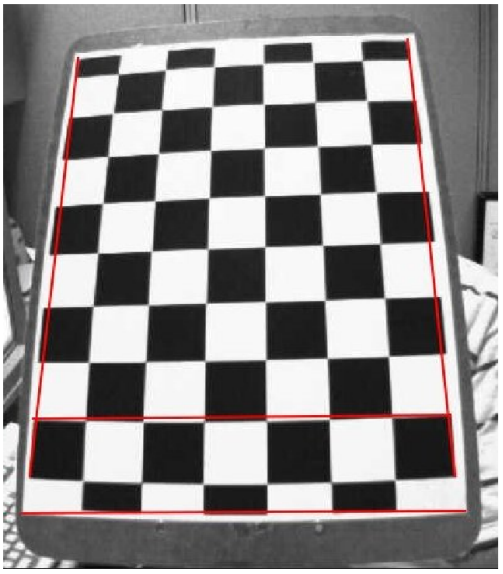


Рис. 5. *Пример радиального искажения на камере*

Камеру можно проверить на искажение, сфотографировав кирпичную стену или решетчатый забор на суше, так как если нет искажений, прямые линии на изображении должны оставаться прямыми. Для подводной камеры искажение можно оценить, сфотографировав кадр планирования, как показано на рисунке 7 ниже.

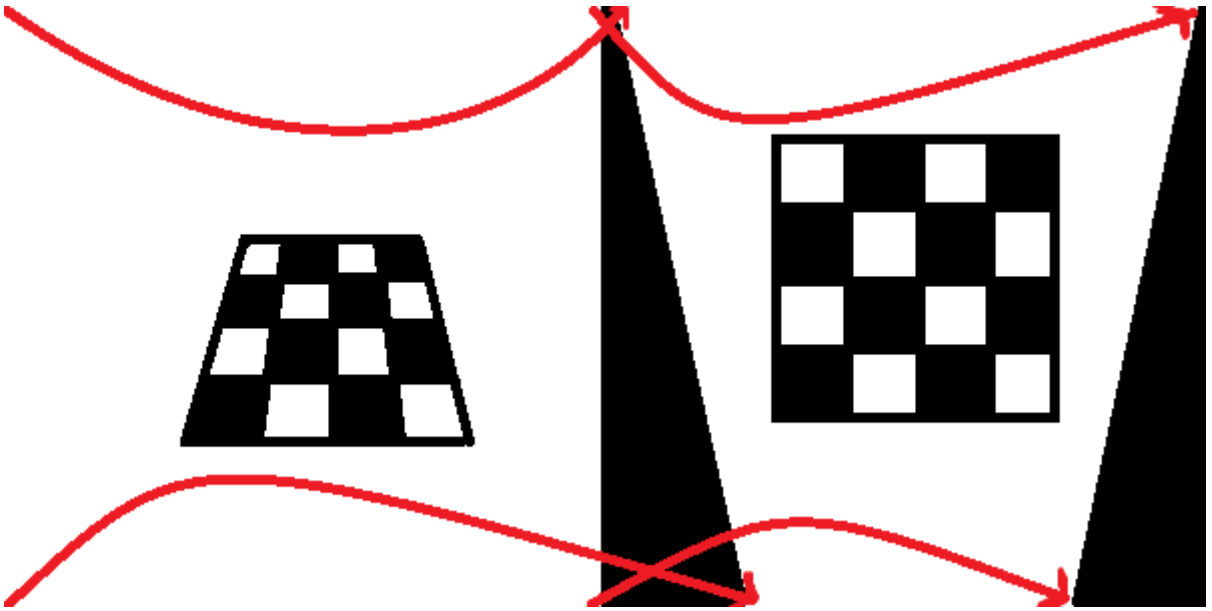


Рис. 6. *Исправление искажения камеры: A – нескорректированное изображение.*

B – скорректированное изображение.

Для более точной калибровки должно применяться несколько калибровок по разным шаблонам. А именно не менее десяти, чтобы избавиться от возможных неполадок в алгоритмах работы технического зрения. Был написан программный код для калибровки системы из стереокамер Рисунок 8 на шаблоне 7x6. Чтобы найти узоры на калибровочном шаблоне использовалась функция cv.findChessboardCorners, взятой из библиотеки.

На выходе алгоритм возвращает коэффициенты калибровки для камер, которые в последствии будут использоваться под водой. Данную настройку не нужно проводить до того

момента, когда не будет нарушено расположение камеры внутри защитного герметичного корпуса.

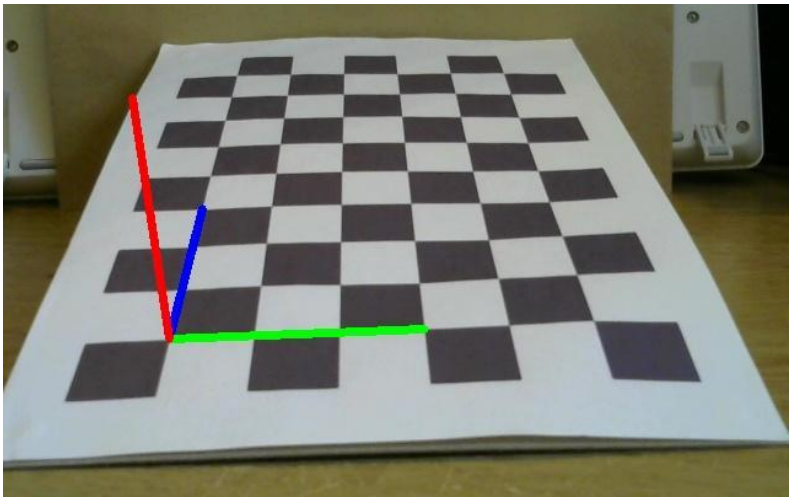


Рис. 7. Результат работы алгоритма калибровки изображения камеры



Рис. *8. Пример реально осматриваемого объекта.*

Говоря о фактическом применении, то подобное программное решение, может быть использовано для движения вдоль трубопроводов, или иных линейных объектов. В ходе пилотных испытаний, в июле были получены первичные видео материалы, на которых удалось частично протестировать полученную модель, и частично распознать лежащую на дне рельсу. В ближайшее время будет получена более улучшенная система распознавания, с внедренной в нее алгоритмом выравнивания гистограммы аддитивной модели изображения.

Список литературы

1. Сумин М.И. Метод регуляризации А.Н. Тихонова для решения операторных уравнений первого рода: Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2016. — 56 с.

2. Домидов, М.Н. Покорение глубин. // А.Н. Дмитриев, М.Н. Домидов. –М.: Издво Ленинград: Судостроение, 1974. -324 с.
3. Экспериментальное изучение работы гребных винтов в свободной воде // Cuberpedia [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://cyberpedia.su/18x11.html
4. Жуков К.А. Постановка задачи динамического расчета выростных элементов гидр биотехнических сооружений: Из-во ВОЛОГДИНСКИЕ ЧТЕНИЯ, 2003 г.
5. Кавитация // Wikipedia [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Кавитация
6. Кавитация гребных винтов // Общедоступная студенческая энциклопедия [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://studopedia.ru/9_129417_kavitatsiya-grebnih-vintov.html
7. Телеуправляемые подводные аппараты // Тетис ПРО [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.tetis-pro.ru/faq/8028/
8. Домидов, М.Н. Покорение глубин. // А.Н. Дмитриев, М.Н. Домидов. –М.: Изд-во Ленинград: Судостроение, 1974. -324 с.
9. Сила тяги винта аэросаней // Stroitelstvo-new [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.stroitelstvo-new.ru/aerosani/sila-tyagi-vozdushnogo-vinta.shtml

УДК 629.584

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМЫМ НЕОБИТАЕМЫМ ПОДВОДНЫМ АППАРАТАМ (ТНПА) ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ, ИНСПЕКЦИОННЫХ РАБОТ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

MODERN REQUIREMENTS SET TO REMOTELY OPERATED VEHICLES (ROVS) TO CONDUCT ENGINEERING SITE SURVEYS, INSPECTION AND SCIENTIFIC STUDIES

Шматков Алексей Алексеевич [1], Шматков Алексей Георгиевич [1]
[1] *Marine Geo Service (ООО «МГ-Сервис»)*

Shmatkov A.A.[1], Shmatkov A.G.[1]
[1] *Marine Geo Service (MG-Service Ltd.)*

Введение

Развитие современных технологий позволило значительно расширить функционал телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов (ТНПА) при проведении всех видов исследований как при решении практических, так и научных задач. За последнее десятилетие сформировались определенные технические требования к ТНПА, навесному и дополнительному оборудованию. Часть из них общая для решения инженерных и научных задач, а часть зависит от конкретного применения той или иной технологии. Некоторые требования формализованы и внесены в соответствующую нормативную документацию, а другие могут быть сформулированы на основании мирового практического опыта выполнения подобных работ. В докладе представлен обзор современного оборудования, применяемого для решения широкого спектра подводных задач, и рассмотрены технические требования к ТНПА (интерфейсы, каналы передачи данных, мультиплексоры и т.д.), которые обеспечивают получение надежных данных.

Стандартное оборудование ТНПА

Практически любой ТНПА осмотрового класса с возможностью несения полезной нагрузки (IMCA class II) или рабочего класса (IMCA class III) даже в базовой комплектации обладают достаточным набором оборудования для выполнения визуального осмотра и ряда других задач. Но при этом характеристики навигационного и вспомогательного оборудования, а также имеющиеся на борту ТНПА интерфейсы, не в полной мере позволяют выполнять более специфические задачи в рамках подводной инспекции, инженерных изысканий и научных исследований. Это приводит к необходимости использования дополнительных систем, расширяющих функционал ТНПА.

Дополнительное оборудование

Для выполнения инспекции подводных объектов (трубопроводов, месторождений и т.п.) ТНПА в обязательном порядке должен быть оборудован дополнительным гидрографическим, геофизическим и навигационным оборудованием. Так, например, при инспекции трубопроводов на ТНПА дополнительного должны быть установлены: многолучевой эхолот (МЛЭ), гидролокатор секторного обзора, гидролокатор бокового обзора (ГЛБО), вперёдсмотрящий эхолот, звуковизор, профилограф и т.п. При выполнении обследований трасс трубопроводов или археологических изысканий на ТНПА дополнительно могут устанавливаться магнитометрические и трехмерные акустические системы.

Применение гидрографического и геофизического оборудования приводит к необходимости оснащения ТНПА высокоточными навигационными датчиками –

инерциальной навигационной системой, маяками-ответчиками системы подводного акустического позиционирования в режиме респондера, датчиками динамических перемещений, доплер-лага (DVL). Все эти устройства должны быть синхронизированы с использованием сигналов точного времени или триггеров 1PPS. В связи с этим на борту ТНПА должны быть предусмотрены соответствующие интерфейсы. Также предпочтительно, чтобы ТНПА мог работать в режиме динамического позиционирования, что позволяет повысить точность выполнения многих операций и увеличить скорость съемки.

Совершенствование технологий позволило перейти от аналоговых камер низкого разрешения к цифровым камерам HD и Full HD формата, а в ряде случаев оправдано применение и более высокоразрешающих камер (например, 4К). Это, в свою очередь, приводит к необходимости передачи на борт судна большого объема данных, которые должны отображаться на экранах операторов ТНПА и архивироваться для дальнейшего анализа.

Научное оборудование

Применение ТНПА осмотрового и рабочего классов при проведении научных исследований в Мировом океане дает широкие возможности как по визуальному наблюдению за различными процессами в естественных условиях, так и, например, по отбору проб флюидов, грунтов, бентоса и т.п. Размещение на ТНПА дополнительного научного оборудования позволяет использовать его при проведении визуального обследования, получая в реальном времени результаты измерений и корректируя программу работ непосредственно в процессе погружения. Важно отметить, что использование ТНПА в качестве носителя оборудования позволяет с высокой точностью определять точки отбора образцов, измерений и производить измерения *in-situ* в самых труднодоступных местах. При этом на борту подводного аппарата должен быть предусмотрен мультиплексор для подключения всего необходимого научного оборудования и передачи данных на борт исследовательского судна [4,500m ROV Science Mission Requirements, 2015]..

Опыт применения иностранными исследовательскими группами специализированных ТНПА для решения научных задач показал, что для успешного выполнения поставленных задач на подводных аппаратах желательно иметь широкий спектр различных датчиков и сенсоров. Некоторые из них могут применяться на всех глубинах и могут оказать полезными для решения общих задач – например, датчики CTD (проводимости, температуры, глубины), нефелометры, датчики pO_2 и STOX, рамановские спектрометры и т.д. Другие датчики являются специфическими и имеют ограниченную применимость или применимы для решения узкоспециализированных задач – например, датчики pCO^2, высокотемпературные зонды для исследований гидротермальных источников, датчики восстановительно-окислительного потенциала и т.д. [4,500m ROV Science Mission Requirements, 2015].

Применение специализированных камер высокого разрешения, которые могут применяться для съемки, например, биологических объектов, также требует наличия высокоскоростных интерфейсов. Отдельные требования к системе передачи данных могут предъявляться фотограмметрическими системами или при съемке ортофотографических планов [4,500m ROV Science Mission Requirements, 2015].

Требования к интерфейсам передачи данных

Как уже отмечалось выше, стандартные комплектации ТНПА редко позволяют подключать большое количество дополнительного оборудования без применения дополнительных устройств – мультиплексоров, подключаемых к выделенным волоконно-оптическим каналам в кабеле ТНПА. Использование технологии спектрального уплотнения оптических каналов позволяет передавать по одному физическому оптическому волокну до 16 независимых потоков данных, которые могут быть затем преобразованы в различные интерфейсы.

Одним из наиболее универсальных интерфейсов является RS-232. Современные устройства могут обмениваться данными со скоростью до 115200 бод и мультиплексор должен обеспечивать подключение порядка 10 устройств одновременно.

Менее распространенным интерфейсом является RS-485/422 со скоростью передачи данных до нескольких мегабит в секунду, однако и для этих устройств может понадобиться выделение нескольких каналов передачи данных.

В обязательном порядке ТНПА и мультиплексор должны иметь возможность подключения устройств по интерфейсу Ethernet 10/100 Mbit для подключения сетевого оборудования с низкими требованиями к скорости передачи данных (HD и Full HD камеры, дополнительные мультиплексоры RS-232, гидролокаторы и т.п.).

Не менее 2 интерфейсов 1 GigE Ethernet необходимы для подключения многолучевого эхолота (МЛЭ) и/или 4К камер.

Использование МЛЭ, инерциальной системы и датчиков динамических перемещений в обязательном порядке требует наличия 5V TTL триггера (1PPS, импульс синхронизации).

Для возможности последующего масштабирования системы сбора данных для научных задач также немаловажно иметь выделенный волоконно-оптический канал, к которому можно подключить какое-либо оборудование, либо установить дополнительный мультиплексор.

Для передачи видео высокого качества (без сжатия) требуется наличие интерфейсов HD-SDI или 3G-SDI. Для камер более высокого разрешения может опционально потребоваться интерфейс 6G-SDI.

Количество каналов передачи данных, как правило, ограничивается физическими характеристиками используемого кабеля и поэтому при проектировании или дооснащении ТНПА необходимо учитывать эти факторы.

Заключение

Современные ТНПА обладают большим потенциалом для выполнения широкого круга научных и практических задач на полном спектре океанских глубин. Для успешного подключения различного оборудования к носителю (ТНПА) необходимо, чтобы на его борту были предусмотрены все необходимые интерфейсы или имелась возможность установки дополнительных мультиплексоров.

Список литературы

4,500m ROV Science Mission Requirements // Schmidt Ocean Institute Report .- 2015 .- 32 p.

УДК 550.834.05

ОЦЕНКА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ НА ШЕЛЬФЕ ОХОТСКОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ 3D СЕЙСМОРАЗВЕДКИ В ТРЕХ ЧАСТОТНЫХ ДИАПАЗОНАХ

ASSESSMENT OF GEOLOGICAL RISKS ON THE SEA OF OKHOTSK SHELF ACCORDING TO 3D SEISMIC DATA IN THREE FREQUENCY RANGES

Замотина Злата Сергеевна[2], Росляков Александр Геннадьевич[1], Пирогова Анастасия Сергеевна[1], Шилова Мария Алексеевна[2], Чегодаева Анна Евгеньевна [1], Токарев Михаил Юрьевич[1], Рыбин Никита Алексеевич[3]

[1] Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

[2] ООО «Центр анализа сейсмических данных МГУ имени М.В. Ломоносова»

[3] ООО «Газпром недра»

Zamotina Zlata Sergeevna[2], Roslyakov Alexander Gennadyevich[1], Pirogova Anastasia Sergeevna[1], Chegodaeva Anna Evgenyevna [1], Shilova Maria Alexeevna[2], Tokarev Mikhail Yurievich[1], Rybin Nikita Alexeevich[3]

[1]Lomonosov Moscow State University

[2]Lomonosov Moscow State University Seismic Data Analysis Center

[3]Gazprom nedra LLC

Введение

Проведение инженерно-геологических изысканий (ИГИ), включая геофизические исследования в шельфовой зоне окраинных морей РФ занимает особое положение в производственном цикле геологоразведочных работ. Как известно, на шельфе в верхней части разреза повсеместно распространены потенциально опасные геологические процессы и явления (ОГПиЯ), которые представляют угрозу для строительства подводных добывающих комплексов, трубопроводов и проведения буровых работ. Наиболее неблагоприятными для строительства подводной инфраструктуры являются зоны развития аномально пластового давления, гидратоносные толщи (газовые гидраты), интервалы разреза с повышенной концентрацией газового флюида, разрывные нарушения. Одной из основных задач ИГИ является идентификация, картирование и ранжирование по степени риска таких геологических опасностей.

В работе рассмотрены результаты выявления геологических опасностей на шельфе Охотского моря в пределах Южно-Киринского месторождения. В настоящее время в этом районе активно проводится комплекс работ по разведке, освоению и обустройству месторождения в том числе при помощи разведочного глубокого бурения. Изучение особенностей строения верхней части разреза (ВЧР) с выявлением и оценкой геологических рисков для строительства буровых сооружений является актуальной задачей ввиду широкого распространения приповерхностных ОГПиЯ в указанном регионе (Ступакова и др., 2021; Рыбальченко и др., 2017).

В работе рассматривается комплексный подход к интерпретации 3D сейсмических данных МОГТ (метода отраженных волн в модификации общей глубинной точки), полученных в трех частотных диапазонах. Комплексный анализ мультичастотных сейсмических данных обеспечивает возможности для описания геологических объектов различного масштаба на глубинах от морского дна до более 1000 м по грунту. Таким образом, возможна характеристика как малоглубинных, так и глубоко залегающих геологических опасностей. Такой подход также позволяет выполнить детальный прогноз геологических рисков вдоль стволов проектируемых глубоких скважин.

Данные

В ходе исследования были использованы следующие типы сейсмических данных МОГТ:

- 3D сейсморазведки стандартного разрешения (3D СР, частотный диапазон – 5-120 Гц, вертикальная разрешающая способность – 10-50 м, глубинность – несколько км)
- 3D сейсморазведки высокого разрешения (3D СВР, частотный диапазон – 90-500 Гц, вертикальная разрешающая способность – первые метры, глубинность – до 1 км)
- 3D сейсморазведки сверхвысокого разрешения (3D ССВР, частотный диапазон – 150-750 Гц, вертикальная разрешающая способность – 0.5-2 м, глубинность – до 300 м).

На рисунке 1 представлено сравнение сейсмических разрезов 3D СР, 3D СВР и 3D ССВР.

Методика

Комплексный подход к выявлению потенциальных ОГПиЯ и связанных с ними геологических рисков подразумевает последовательный анализ сейсмических кубов, начиная с более низкочастотного куба (данные 3D СР) и заканчивая детализацией по более высокочастотным кубам (3D СВР, 3D ССВР). Причем для привлечения данных стандартного разрешения (СР) при изучении верхней части разреза необходимо предварительно провести их специализированную обработку с целью повышения качества сейсмического изображения и сохранения динамики отраженных волн в ВЧР.

Изучение верхней части разреза начинается с сейсмостратиграфического анализа, по возможности, с использованием скважинных данных и всей имеющейся информации по региональной стратиграфии. В первую очередь, проводится расчленение разреза на сейсмические комплексы (СК) по данным 3D СР. Для уточнения внутреннего строения СК проводится сейсмофациальный анализ и выполняется дополнительное расчленение наблюдаемых сейсмических комплексов на более мелкие стратиграфические подразделения (подкомплексы, сейсмофации) по данным 3D СВР, ССВР. В изучаемом интервале разреза трассируются плоскости сместителей разрывных нарушений. Далее с учетом выделенных СК и разрывных нарушений проводится построение структурного каркаса модели среды в верхней части разреза.

Идентификацию потенциальных геологических опасностей предлагается проводить по совокупности характерных качественных сейсмических признаков (тип волновой картины и др.) для каждого сейсмокомплекса. Вспомогательным инструментом для качественной идентификации потенциальных ОГПиЯ является анализ атрибутов волнового поля, характеризующих когерентность, интенсивность и спектральный состав отражающих границ. Например, для газонасыщенных интервалов разреза характерно значительное повышение амплитуд сейсмической записи, смещение спектра сигнала в область низких частот и затухание сейсмической энергии, что проявляется в виде «тусклых пятен» и зон потери корреляции под газонасыщенным интервалом.

На финальном этапе проводится количественная характеристика выявленных сейсмических аномалий для подтверждения их природы и оценки упруго-прочностных свойств отложений, приуроченных к аномальной зоне на сейсмической записи. Количественный анализ данных сейсморазведки проводится посредством AVO-моделирования, расчета AVO-атрибутов и динамических инверсионных преобразований. При наличии данных МОГТ в трех частотных диапазонах рекомендуется выполнять сейсмическую инверсию последовательно: использовать результаты инверсии более низкочастотного поля (СР) для построения фоновых моделей и регуляризации решения инверсии более высокочастотных данных (Пирогова и др., 2019, Пирогова и др., 2021).

Результаты

На изучаемой площади, глубины моря в пределах которой изменяются от от 166 до 545 м, были выделены следующие типы ОГПиЯ: каналы вертикальной миграции флюида, интервалы с повышенным содержанием газа в отложениях, разрывные нарушения, палеоканалы и погребенные лопасти конусов выноса, осадочные волны и предположительно газогидраты.

Каналы вертикальной миграции флюида характеризуются ослаблением записи вдоль узких субвертикальных зон на сейсмических разрезах. На схемах атрибута когерентности они отчетливо прослеживаются по пониженным значениям упомянутого показателя. При рассмотрении схем RMS-амплитуд, рассчитанных вдоль основных отражающих горизонтов по данным 3D СР, также идентифицируются эти объекты (каналы вертикальной миграции флюида) по характерным дифракциям от этих объектов. К некоторым вертикальным каналам приурочены аномалии типа «яркое пятно», связанные с наличием повышенного содержания газа в отложениях, что выражается в виде изометричных локальных областей с повышенными значениями амплитуд на схемах максимальных абсолютных амплитуд, рассчитанных в пределах каждого СК.

При анализе построенных по данным 3D СР схем когерентности также были выявлены полигональные системы разрывных нарушений в интервале глубин 500-1000 м по грунту. Схемы кривизны поверхности позволили также проследить систему генеральных разрывов, вытянутых в северо-восточном направлении. На схемах когерентности, рассчитанным по данным 3D СВР и 3D ССВР, было проведено картирование относительно мелких трещин на глубинах около 50-100 м ниже поверхности морского дна.

Дополнительно были рассмотрены результаты спектральной декомпозиции по кубу 3D СР, что позволило провести картирование системы палеоканалов и погребенных лопастей конусов выноса на площади исследования. При рассмотрении карт максимальных абсолютных амплитуд, построенных по данным 3D СР, 3D СВР и 3D ССВР, были идентифицированы интервалы с повышенным содержанием газа в отложениях на глубинах от нескольких десятков метров до 500 м по грунту. Особый интерес представляет крупная аномалия в восточной части изучаемой площади, представленная высокоамплитудным низкочастотным отражением на данных 3D СР, заключенным внутри выклинивающегося слоя. Привлечение анализа данных 3D СВР и 3D ССВР позволило проследить особенности внутреннего строения наблюдаемой аномальной зоны. По высокоразрешающим данным аномалия представлена многоуровневой системой высокоамплитудных отражений обратной полярности, заключенной в пределах отдельного СК. Необходимо отметить наличие многочисленных каналов вертикальной миграции флюидов, приуроченной к наблюдаемой аномалии. Дополнительно для подтверждения природы наблюдаемой аномалии был выполнен количественный анализ данных МОГТ, а именно сейсмическая инверсия (Щуплов и др., 2021). Полученные оценки упругих свойств отложений подтвердили предположение о повышенном газонасыщении отложений в интервале наблюдаемой аномалии.

На восточном участке площади верхняя граница аномалии занимает секущее положение относительно вмещающих отложений, что является одним из возможных признаков фазовой границы между гидратами и свободным газом.

Для оценки возможностей образования гидратов в условиях района работ были проведены теоретические расчеты. Определение интервала глубин, в пределах которого возможно гидратообразование, осуществлялось через нахождение области пересечения кривой геотермального градиента и фазовой границы равновесия газогидратов. Расчет геотермального градиента выполнялся с учетом граничных значений теплового потока, характерного для Охотского моря (Веселова и др., 2018). Сам расчет был выполнен согласно выражению из работы Резникова и др.(2013):

$$\frac{\Delta T}{\Delta Z} = \frac{q_{\text{сум}} - q_{\text{конв}} - A\Delta Z}{\lambda};\ q_{\text{конв}} = 0,$$

где ΔZ – мощность слоя осадочной толщи, м; λ – теплопроводность осадков (было взято значение, равное 1.2, согласно работе Петрищевского (2016)), $\frac{\text{мВт}}{\text{м}}$; $q_{\text{сум}}$ – суммарный тепловой поток, $\frac{\text{мВт}}{\text{м}^2}$; A – теплогенерация (равна 1.7, согласно работе Петрищевского (2016)), $\frac{\text{мВт}}{\text{м}^3}$; $\frac{\Delta T}{\Delta Z}$ – геотермальный градиент, $\frac{\text{С}^\circ}{\text{м}}$; $q_{\text{конв}}$ – конвективный тепловой поток, $\frac{\text{мВт}}{\text{м}^2}$.

Сведения о гидротермальном градиенте и фазовой границе равновесия газогидратов были получены из работ Круца и др. (2013), Воробьева и др. (2009). Было выявлено, что глубина подошвы газогидратов в районе работ может соответствовать верхней границе аномальной зоны, наблюдаемой по данным 3D СВР и 3D ССВР (рис. 1). Возможность наличия газогидратов в районе изучения может также подтверждаться ранее проведенными прямыми методами исследования. Согласно данным из статьи Рыбальченко и др. (2017) отбор проб грунтов из придонных осадков на западном борту Дерюгинской впадины позволил установить наличие мощных скоплений газогидратосодержащих толщ на глубине моря 400 м и более. Таким образом, присутствие газогидратов в верхней части разреза на площади исследования вполне вероятно, однако вопрос о наличии гидратов на рассматриваемом участке требует дальнейшего изучения.

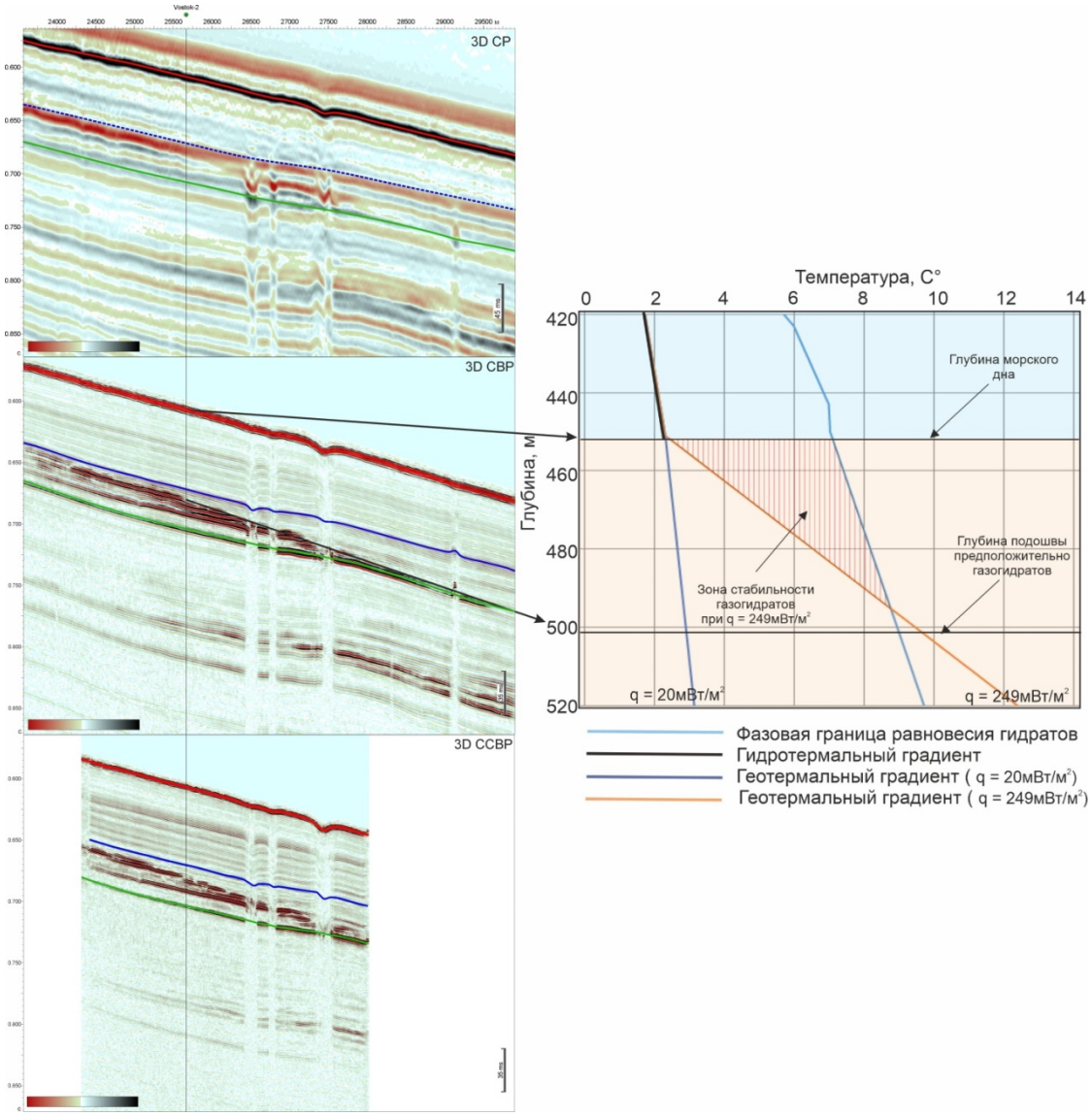


Рисунок 1. Сопоставление теоретических расчетов зоны стабильности газовых гидратов в Охотском море с результатами интерпретации данных 3D СР, 3D СВР и 3D ССВР на участке работ. Цветными линиями на разрезах показаны границы распространения многоуровневой аномалии, предположительно связанной с повышенным содержанием газа в отложениях.

Заключение

В результате применения комплексного подхода к интерпретации 3D сейсмических данных в трех частотных диапазонах (СР, СВР, ССВР) в районе работ были выявлены как малоглубинные (до 100 м по грунту), так и относительно глубоко залегающие геологические опасности. Было проведено ранжирование выделенных геологических опасностей по степени риска. Ранжирование проводилось в соответствии с возможными последствиями для строительства морских сооружений и проведения буровых работ в случае реализации геологических опасностей. Наиболее опасным геологическим объектам (интервалам с повышенным газонасыщением, субвертикальным каналам миграции флюидов) была присвоена высокая степень риска. Зонам развития палеоканалов, аккумулятивных лопастей выноса и зонам развития осадочных волн была присвоена низкая степень риска.

Список литературы

Веселов О.В., Семакин В.П., Кочергин А.В. Тепловой поток и неотектоника района впадины Дерюгина (Охотское море) // Геосистемы переходных зон. – Т.2 - №4. - 2018. – С. 312–322.

Воробьев А.Е., Малюков В.П. Газовые гидраты. Технологии воздействия на нетрадиционные углеводороды // Учебное пособие. – РУДН - 2018. – С. 292.

Круц А.А., Лучин В.А. Вертикальная структура толщи вод Охотского моря.// Известия ТИНРО.– Т. 175. - 2013.– С. 234-253.

Пирогова А.С., Тихоцкий С.А., Токарев М.Ю., Сучкова А.В. Прогноз упруго-прочностных свойств придонных грунтов на основе инверсии данных сейсморазведки сверхвысокого и ультравысокого разрешения // Геофизические процессы и биосфера. – Т.18 - №4. - 2019. – С. 191–202.

Пирогова А.С., Токарев М.Ю., Сучкова А.В., Щуплов А.А., Рыбин Н.А., Хоштария В.Н. Инверсия данных сейсморазведки высокого и сверхвысокого разрешения для оценки акустических свойств придонных грунтов в условиях мелководного шельфа Карского моря. // Геофизика. Спецвыпуск - 2021. – С. 65–76.

Петрищевский А.М. Реологическая и геотермическая характеристики Охотоморского плюма // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов – Т.327 - №2. - 2016. – С. 191–202.

Резников А.Н., Астахов С.М., Резников С.А., Маллак Д.А. Геотермические условия осадочно-породных бассейнов земного шара. // Геология нефти и газа. – №4. – 2013. – С. 50–56.

Рыбальченко В.В., Гогоненков Г.Н., Слепченко В.А. Вертикальная миграция газа и газогидраты на северо-восточном шельфе Сахалина. // Геология нефти и газа. – №2. – 2013. – С. 39–50.

Ступакова А.В., Суслова А.А., Книппер А.А., Карнюшина Е.Е., Крылов О.В., Шелков Е.С., Коротков С.Б., Карнаухов С.М., Осипова О.Н. Особенности геологического строения и нефтегазоносности шельфов Дальневосточных морей. // Георесурсы. – Т.23 - №2. – 2021. – С. 26–34.

Щуплов А.П., Пирогова А.С., Токарев М.Ю. Последовательная инверсия мультичастотных данных 3D сейсморазведки для оценки акустических свойств морских грунтов. // Труды X Международной научно-практической конференции “Морские исследования и образование (MARESEDU-2021)” [сборник]. — 2021. (принято к публикации).

УДК 550.834.05

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ ИНВЕРСИЯ МУЛЬТИЧАСТОТНЫХ ДАННЫХ 3D СЕЙСМОРАЗВЕДКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ АКУСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОРСКИХ ГРУНТОВ.

SEQUENTIAL INVERSION OF MULTIFREQUENCY 3D SEISMIC DATA FOR ESTIMATING THE ACOUSTIC PROPERTIES OF MARINE SOILS

Щуплов Павел Александрович[1], Пирогова Анастасия Сергеевна[2], Токарев Михаил Юрьевич[2]

[1] ООО "Центр анализа сейсмических данных МГУ имени М.В. Ломоносова"

[2] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Shchuplov Pavel Aleksandrovich[1], Pirogova Anastasia Sergeevna[2], Tokarev Mikhail Yurievich[2]

[1]Lomonosov Moscow State University Seismic Data Analysis Center

[2]Lomonosov Moscow State University

Введение

При изучении и геологической разведке шельфа особое место в производственном цикле занимают инженерно-геофизические исследования (ИГИ) верхней части разреза. Одной из основных задач ИГИ является характеристика прочностных свойств грунтов и выявление опасных для бурения геологических процессов и явлений в верхней части разреза. Количественную характеристику приповерхностных отложений, в том числе оценку упруго-прочностных свойств грунтов, возможно провести по данным дистанционных сейсмических исследований при помощи решения обратной задачи сейсморазведки – сейсмической инверсии (Пирогова и др, 2019).

Однако применение алгоритмов сейсмической инверсии к высокочастотным инженерным данным СВР (сейсморазведки высокого разрешения; диапазон частот 50-500 Гц) и ССВР (сейсморазведки сверхвысокого разрешения, 150-1000 Гц) является нетривиальной задачей по ряду причин. Из-за отсутствия в инженерных данных СВР и ССВР информации на низких частотах решение обратной задачи – переход от параметров волнового поля к упругим свойствам среды – может быть неустойчиво. Повысить устойчивость инверсии возможно за счет привлечения информации об изменении трендов упругих свойств горных пород с глубиной. Такие низкочастотные тренды могут быть построены либо по данным скважинных исследований, которые обычно отсутствуют для верхней части разреза на шельфе, либо по результатам количественного анализа низкочастотного сейсмического поля, например, данных стандартной сейсморазведочной съемки МОГТ (СР, 5-90 Гц).

В работе представлены результаты применения последовательной инверсии сейсмических данных, полученных в различных частотных диапазонах с перекрытием, с целью построения детальной модели акустических свойств морских грунтов в глубоководной части шельфа Охотского моря.

Данные

В работе используются сейсмические данные МОГТ различного частотного диапазона:

- 3D стандартной сейсморазведки (3D СР) – 5-120 Гц; данные были обработаны по специализированному графу под изучение верхней части разреза;
- 3D сейсморазведки высокого разрешения (3D СВР) – 90-500 Гц;
- 3D сейсморазведки сверхвысокого высокого разрешения (3D ССВР) – 150-750 Гц.

Сравнение временных разрезов 3D СР, СВР и ССВР, а также их спектров, приведено на рисунках (Рис. 1, Рис. 3).

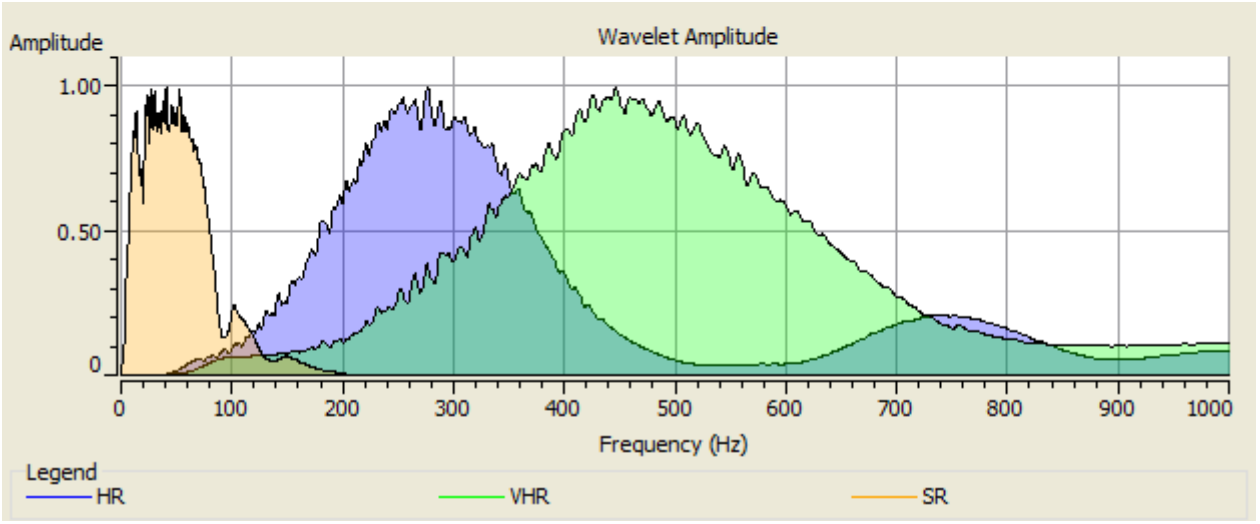


Рис. 1 Сравнение спектров данных стандартной сейсморазведки (оранжевый), сейсморазведки высокого разрешения (синий) и сверхвысокого разрешения (зеленый).

Методы

В работе применяется детерминистический подход к решению обратной динамической задачи сейсморазведки. Выполняется последовательная акустическая инверсия мультичастотных данных (Пирогова и др., 2021). Блок-схема такого подхода приведена на рисунке (Рис. 2). На данных 3D СР и 3D ССВР выполнена модель-базированная инверсия (MBI), на данных 3D СВР − инверсия редких импульсов (SSI).

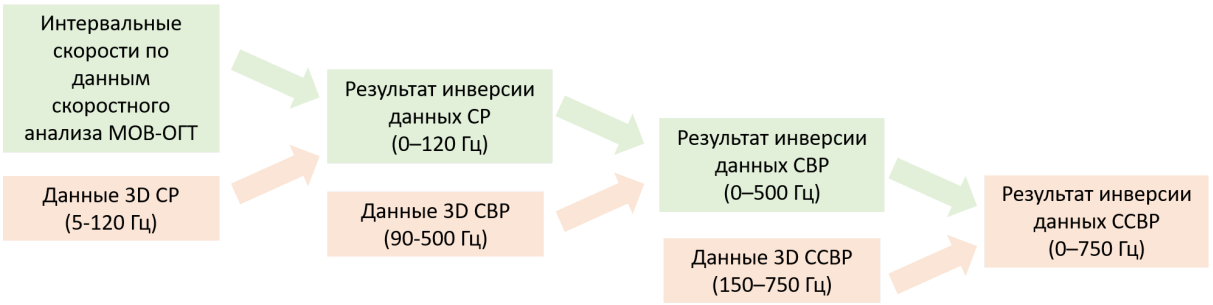


Рис. 2 Блок-схема последовательной инверсии данных сейсморазведки, полученных в различных частотных диапазонах с перекрытием

Импульс для всех типов сейсмических данных оценивался статистическим способом (T. Cui, G.F. Margrave, 2014). Низкочастотная фоновая модель акустического импеданса была построена на основе модели интервальных скоростей продольной упругой волны, оцененных по данным 3D стандартной сейсморазведки. Далее последовательно выполнялась акустическая инверсия данных сейсморазведки в трёх частотных диапазонах. Для СВР

низкочастотной моделью являлся результат инверсии данных СР, для ССВР – результат инверсии данных СВР.

Результаты

Геолого-геофизические исследования последних лет показывают, что наиболее неблагоприятными для бурения элементами геологического разреза на шельфе Охотского моря являются интервалы с повышенным содержанием газа (Терехина и др., 2019). По результатам последовательной акустической инверсии удалось выявить и количественно охарактеризовать такие интервалы. Например, в западной части изучаемой площади была выделена зона, предположительно связанная с неоднородным газонасыщением. Значения акустического импеданса в этой зоне составляют 1600–2400 $\frac{\text{м}}{\text{с}}\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$, в то время как для вмещающих пород характерны значения более 3000 $\frac{\text{м}}{\text{с}}\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ (Рис. 4).

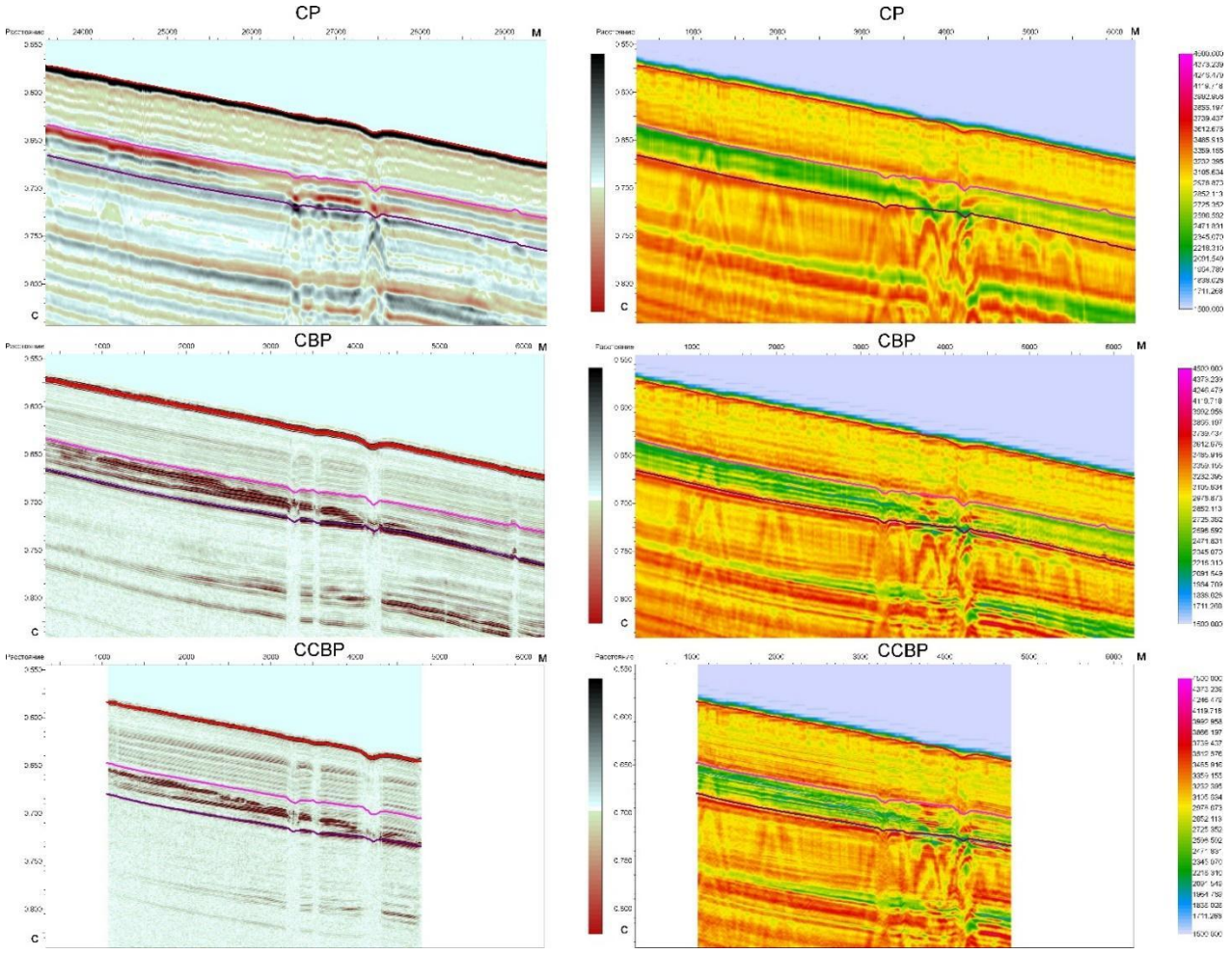


Рис. 3 Сравнение данных различных частотных диапазонов: сейсморазведки стандартного разрешения (СР), высокого разрешения (СВР), сверхвысокого разрешения (ССВР) (слева) и результатов акустической инверсии по этим данным (справа).

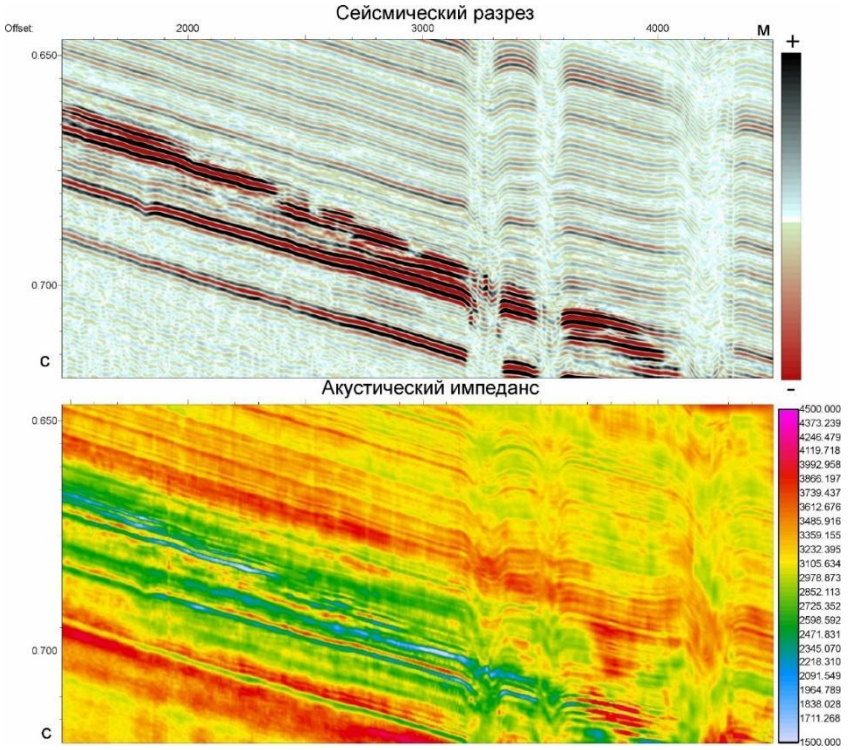


Рис. 4 Пример выделения зоны, связанной с повышенным газонасыщением.

Благодарность

Авторы благодарят компанию ООО «Газпром недра» за предоставление результатов инженерно-геологических изысканий. Авторы выражают признательность компании CGG за университетский грант на использование программных средств для решения образовательных и научно-исследовательских задач. Полевые сейсмические данные были получены компанией СПЛИТ при помощи программно-аппаратного комплекса SplitMultiseis.

Список литературы

Пирогова А.С., Токарев М.Ю., Сучкова А.В., Щуплов П.А., Рыбин Н.А., Хоштария В.Н. / Инверсия данных сейсморазведки высокого и сверхвысокого разрешения для оценки акустических свойств придонных грунтов в условиях мелководного шельфа Карского моря // журнал Геофизика, издательство М.: Ред.-изд. центр ЕАГО; (Тверь: Полипресс), № Спецвыпуск, с. 13-23

Пирогова А.С., Тихоцкий С. А., Токарев М. Ю., Сучкова А. В./ Прогноз упруго-прочностных свойств придонных грунтов на основе инверсии данных сейсморазведки сверхвысокого и ультравысокого разрешения // Геофизические процессы и биосфера. – 2019. – Т. 18. – № 4. – С. 191-202.

Терёхина Я.Е., Росляков А.Г., Пирогова А.С., Хлебникова О.А., Рыбин Н.А. Технология выделения опасных геологических процессов и явлений на шельфе Охотского моря // ГеоЕвразия 2018. Современные методы изучения и освоения недр Евразии : Труды Международной геолого-геофизической конференции, Москва, 05–08 февраля 2018 года. – Москва: ООО "ПолиПРЕСС", 2018. – С. 756-759.

Tianci Cui, Gary F. Margrave. Seismic wavelet estimation // CREWES Research Report — Volume 26 (2014)

УДК 550.822.1

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЗОН ПОВЫШЕННЫХ РИСКОВ ПРИ БУРЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПСЕВДОДВУМЕРНЫХ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

IDENTIFICATION OF INCREASED DRILLING RISKS ZONES USING PSEUDO-TWO-DIMENSIONAL (P2D) GEOMECHANICAL MODELS

Пирогова Анастасия Сергеевна[1,2], Дубиня Никита Владиславович[2,3], Токарев Михаил Юрьевич[1], Щуплов Павел Александрович[1], Делия Сергей Владимирович [4]

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва

[2] Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва

[3] Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный

[4]ТОО «Женис Оперейтинг», г. Актау

Pirogova Anastasia Sergeevna[1,2], Dubinya Nikita Vladislavovich[2,3], Tokarev Mikhail Yurievich[1], Schuplov Pavel Alexandrovich[1] , Delia Sergey Vladimirovich[4]

[1] Lomonosov Moscow State University, Moscow

[2] Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences, Moscow

[3] Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny

[4] Zhenis Opereiting, Actau

Введение

Численная оценка рисков при бурении – одна из важнейших задач, возникающих на ранних этапах освоения и разработки месторождений углеводородов, в том числе расположенных на шельфе. Такая задача оценки рисков при бурении может быть сформулирована следующим образом [Wang, Dusseault, 2003]: вдоль проектируемой траектории скважины необходимо определить критические значения плотности бурового раствора, соответствующие возможным проблемам при бурении, таким как образование вывалов, утечкам бурового раствора в пласт и самопроизвольному развитию трещин гидроразрыва. Критические значения плотности бурового раствора определяют коридор безопасного бурения – диапазон значений плотности бурового раствора, для которых перечисленные выше проблемы не реализуются.

Оценка условий для безопасного проведения буровых работ часто выполнятся на основе численного геомеханического моделирования, по результатам которого определяются пространственные распределения напряжений в породах до и после бурения. Несмотря на то, что такой подход позволяет оценить критические значения плотности бурового раствора с высокой точностью, его использование сопряжено с необходимостью построения детальной и достоверной модели механических свойств горных пород. Для ее построения требуется корректное совмещение информации о свойствах пород, относящейся к разным пространственным и временным масштабам: результатов интерпретации сейсмических данных, данных геофизических исследований скважин и лабораторных экспериментов на керновом материале. В то же время начальные этапы освоения месторождения часто характеризуются отсутствием подобной информации. А первичную оценку рисков при бурении необходимо проводить до бурения скважин и отбора образцов пород. Это приводит к необходимости проводить такую первичную оценку рисков на основании результатов интерпретации данных дистанционных исследований, в первую очередь, данных сейсморазведки.

Традиционно оценка рисков при бурении по сейсмическим данным проводится на качественном, экспертном уровне. В волновом поле выявляются различные аномалии, отличающиеся по динамике и типу волновой картины от остального разреза. Далее проводится интерпретация природы выделенных аномалий и ранжирование аномалий по степени потенциального риска с учетом сейсмогеологических условий района работ. При качественной интерпретации также могут учитываться различные атрибуты волнового поля и оценки скоростей распространения упругих сейсмических волн.

В данной работе продемонстрирован подход к выявлению зон повышенных рисков при бурении по сейсмическим данным на количественном уровне. В качестве количественного параметра, характеризующего риски при бурении, выступает ширина коридора безопасной плотности бурового раствора. Качественная и количественная оценки рисков при бурении проведены для участка перспективной структуры Женис, расположенной на шельфе Каспийского моря.

Характеристика строения верхней части разреза и прогноз рисков в районе работ выполнялись по данным сейсморазведки высокого разрешения в модификации общей глубинной точки (СВР МОГТ). Результаты сейсмической инверсии по этим данным – модели упругих свойств пород – были использованы для построения псевдодвумерной геомеханической модели и численной оценки рисков при бурении: расчета критических значений плотности бурового раствора и ширины коридора безопасной плотности. Продемонстрировано, что результаты качественной и количественной оценки рисков при бурении согласуются друг с другом. При этом использование псевдодвумерной геомеханической модели позволяет более корректно (с физической точки зрения) картировать зоны повышенных рисков при бурении и определять безопасные условия проведения буровых работ.

Интерпретация данных сейсморазведки с целью выделения зон повышенных рисков при бурении

Для количественной интерпретации данных сейсморазведки был выбран субширотный профиль, который проходит через точку проектной скважины в районе работ. Для оценки упругих свойств горных пород выполнялась синхронная инверсия данных СВР МОГТ. Применялся алгоритм инверсии, основанный на модели. Низкочастотные модели упругих свойств пород (акустического импеданса, сдвигового импеданса и плотности) были построены с учетом сейсмических RMS-скоростей и характерных для района работ эмпирических зависимостей между упругими свойствами. Форма сейсмического импульса для инверсии оценивалась статистическим способом, то есть с использованием только сейсмических данных.

На выбранном профиле по сейсмическим данным наблюдается зона резкого изменения волновой картины по латерали (в правой части разреза выше горизонта «Н3», на рис. 1). По результатам инверсии этой зоне соответствует пласт горных пород, характеризующихся пониженными значениями акустического импеданса и плотности относительно вмещающих отложений (рис. 1). Причем свойства этого пласта существенно изменяются по латерали. Вероятно, этот пласт может быть потенциально опасным для бурения в связи с резким изменением свойств слагающих его пород как по глубине, так и по латерали. Для количественной оценки потенциальных рисков при бурении в этой зоне проводилось геомеханическое моделирование на основе полученных моделей упругих свойств.

Геомеханическое моделирование

Модели упругих свойств пород, полученные в результате сейсмической инверсии, использовались для построения одномерных и псевдодвумерных геомеханических моделей. Вдоль траектории проектной скважины была построена одномерная геомеханическая модель, использовавшаяся в качестве основы для построения псевдодвумерной геомеханической модели. Одномерная геомеханическая модель содержит в себе профили упруго-прочностных свойств пород околоскважинной зоны, профили порового давления, полного вертикального

напряжения, минимального и максимального горизонтального напряжений. Построенные профили были использованы для расчета устойчивости ствола скважины – определения критических значений плотности бурового раствора, соответствующих давлению образования вывала, давлению гидроразрыва, давлению насыщающего породы флюида.

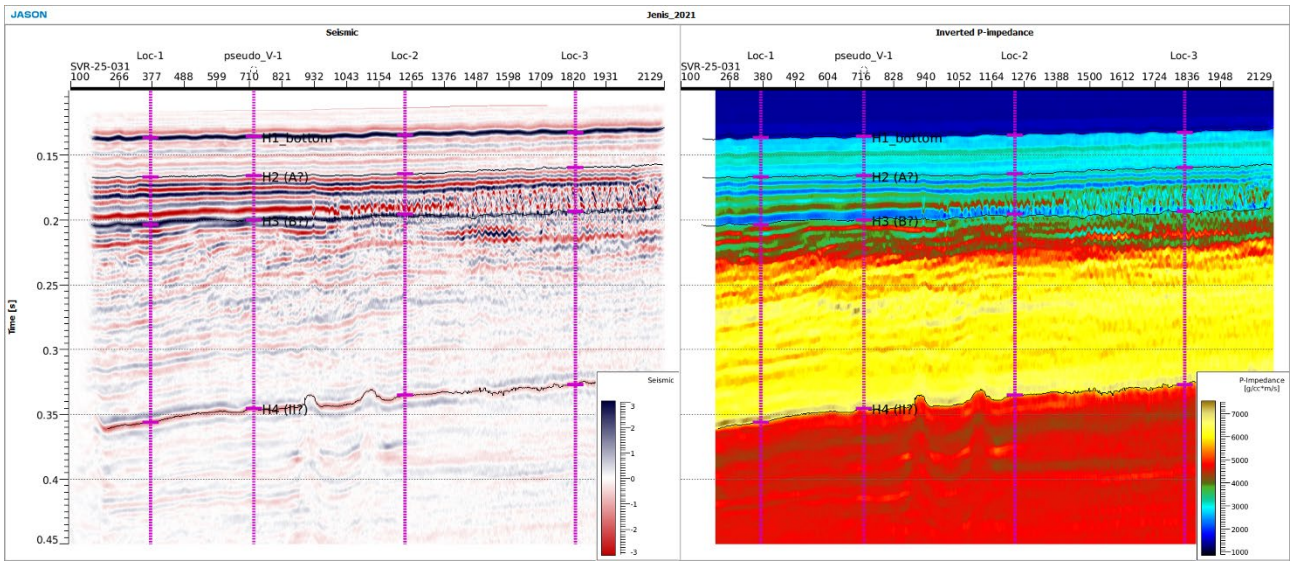


Рис 1. Сейсмический разрез (слева) и соответствующий разрез акустического импеданса – результат сейсмической инверсии (справа). Вертикальными линиями показаны траектории, вдоль которых проводилось геомеханическое моделирование и прогноз рисков.

Связь между статическими и динамическими упругими модулями, а также между модулем Юнга и прочностными свойствами горных пород определялась с помощью эмпирических зависимостей, характерных для региона. Профиль давления флюида восстанавливался на основании модели скорости упругих волн в рамках стратиграфического интервала по известной формуле Итона. Вертикальное напряжение определялось для каждой глубины как вес вышележащих пород. Все параметры построения профилей горизонтального напряжения определялись на основании региональных зависимостей.

Профили напряжений и прочностных свойств использовались для расчета критических значений плотности бурового раствора. Вдоль нескольких вертикальных траекторий были построены одномерные геомеханические модели, показанные на рис. 2. Для сравнительного анализа рисков при бурении вдоль каждой из траекторий были рассчитаны плотности бурового раствора, приводящие к образованию вывалов (отмечены желтым на рис. 2) и образованию трещины гидроразрыва (отмечены зеленым на рис. 2). Кроме того, был рассчитан профиль давления насыщающего породу флюида (отмечен синим на рис. 2). Ширина коридора безопасного бурения – разница между плотностью, эквивалентной гидроразрыву, и максимумом из плотностей, эквивалентных вывалообразованию и пластовому давлению, – может рассматриваться как количественная мера рисков при бурении. Если эта разность мала, риски велики. Если коридор безопасной плотности бурового раствора широкий, то риски при бурении минимальны.

Сравнение рис. 1 и рис. 2 демонстрирует сходство между результатами качественной и количественной оценками рисков при бурении. Скважины 2 и 3 находятся в области сильной неоднородности сейсмического поля (рис.1), что находит свое отражение в коридоре плотности бурового раствора (рис. 2). Для рассматриваемого объекта было принято решение о бурении вдоль траектории скважины 0 (проектная скважина V-1), характеризующейся низкими рисками при бурении.

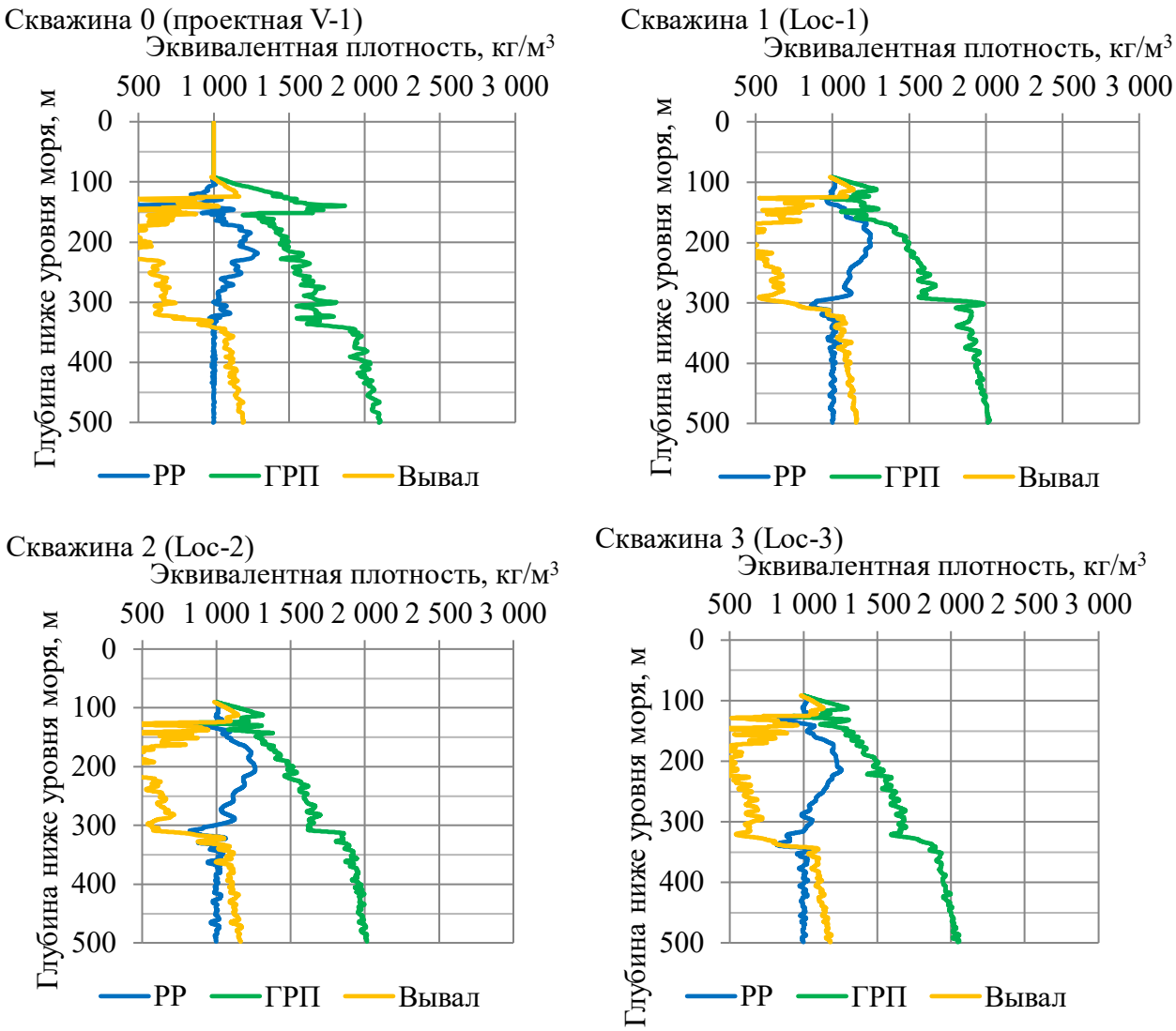


Рис 2. Одномерные геомеханические модель для четырех скважин.

Заключение

Результаты качественной и количественной оценки рисков при бурении близки друг к другу. С одной стороны, это свидетельствует о возможности использования экспертного анализа сейсмических данных для картирования зон потенциальных рисков при бурении без привлечения геомеханического моделирования. С другой стороны, построение ряда одномерных и псевдодвумерных геомеханических моделей дает возможность оценки рисков с использованием количественного параметра – ширины коридора безопасной плотности бурового раствора. Использование полученных результатов и разработанного алгоритма позволяет снизить риски при освоении месторождений.

Благодарности

Авторы выражают признательность компании CGG за предоставленный университетский грант на использование программных средств для решения образовательных и научно-исследовательских задач. Исследования для данной работы частично были проведены в Институте Физики Земли РАН имени О.Ю. Шмидта за счет средств гранта Российского научного фонда (проект № 19-77-10062)

Список литературы

Wang Y., Dusseault M.B. A coupled conductive-convective thermo-poroelastic solutions and implications for wellbore stability // Journal of Petroleum Science & Engineering. – 2003. – Vol. 38. – P. 187–198.

УДК

СОВМЕЩЁННОЕ ПОРОУПРУГОПЛАСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ВЕРХНИХ СЛОЕВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРИ БУРЕНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СКВАЖИН: ВОЗМОЖНОСТИ И ПРОБЛЕМЫ

COUPLED POROELASTOPLASTIC SIMULATION OF THE STRESS-STRAIN STATE OF THE TOP LAYERS OF BOTTOM SEDIMENTS WHEN DRILLING ENGINEERING WELLS: OPPORTUNITIES AND PROBLEMS

Вершинин Анатолий Викторович[1,2], Дубиня Никита Владиславович[2]
[1] Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
[2] Институт Физики Земли РАН им. О.Ю. Шмидта, Москва

Vershinin Anatoly[1,2], Dubinya Nikita[2]
[1] Lomonosov Moscow State University, Moscow
[2] Schmidt Institute of Earth Physics, Moscow

Введение

Широко известно, что расчет устойчивости ствола скважины и оценка рисков при бурении относятся к одним из важнейших задач геомеханики месторождений углеводородов. Несмотря на то, что подходы к решению этих задач установлены достаточно давно и доведены до уровня технологий, ряд проблем остаются нерешенными. В частности, в большинстве случаев расчет напряженно-деформированного состояния пород околоскважинной зоны, определяющего условия реализации рисков при бурении, выполняется в постановке стационарной задачи теории упругости с линейной реологией. Реальные же породы характеризуются наличием пор и насыщающего их флюида и возможностью нелинейного неупругого деформирования с накоплением деформаций. В работе представлен математический алгоритм, который может быть использован для решения задач устойчивости ствола скважин в пороупругопластической постановке.

Данные и методы

Математическая модель совмещенного пороупругопластического деформирования горных пород описывается системой нелинейных уравнений в частных производных пороупругопластичности, обобщающая классическую модель Био для двухфазной насыщенной жидкостью пороупругой среды [1, 2, 6, 7].

$$\nabla \cdot \sigma = \rho(\ddot{u} + d\dot{u}) + \rho_f(\ddot{w} + d\dot{w})$$

$$-\nabla p_f = \rho_f(\ddot{u} + d\dot{u}) + \frac{\alpha\rho_f}{\phi}(\ddot{w} + d\dot{w}) + F_{fr}$$

$$F_{fr} = \frac{\eta}{k_0}\int_0^t \frac{\exp(-\frac{2}{M_b}\omega_b(t-\tau))}{\sqrt{\pi\frac{2}{M_b}\omega_b(t-\tau)}}(\frac{\partial^2 w}{\partial\tau^2} + \frac{2\omega_b}{M_b}\frac{\partial w}{\partial\tau})d\tau$$

$F_{fr} = \frac{\eta}{k}\dot{w}$ - *сила межфазного трения* $(в\ низкочастотном\ случае)$

$w = \phi(U-u),$
$\rho = \rho_s(1-\phi) + \rho_f\phi,$ u – вектор перемещений пороупругопластического тела, U – вектор перемещений насыщающей жидкости.

$k(\phi) = k_0\left(\frac{\phi}{\phi_0}\right)^3\left(\frac{1-\phi_0}{1-\phi}\right)^2$ -зависимость проницаемости от пористости (модель Козени-Кармана)

Отличительной особенностью данной модели является двустороннее сопряжение между механическими процессами, происходящими в пористой упругопластической матрице и насыщающей вязкой жидкости, позволяющее учитывать как влияние изменения порового давления в жидкости на напряженно-деформированное состояние пористого скелета горной породы, так и обратное влияние изменения формы порового пространства (в результате деформаций скелета) на поровое давление в жидкости и, как следствие закона Дарси, на скорость перетока жидкости внутри пористой горной породы.

Для моделирования накопления упругопластистических деформаций в теле с последующим развитием зон их локализации (полос скольжения) используется теория течения с неассоциированным законом пластичности по модели Друкера-Прагера [5, 8, 12], позволяющая учитывать различие в значениях угла внутреннего трения и угла дилатансии для большинства типов горных пород, а также объемные пластические деформации:

Аддитивное разложение в случае малых деформаций: $\varepsilon_e = \varepsilon - \varepsilon_p = \frac{1}{2}(\nabla u + u\nabla) - \varepsilon_p$

$\zeta_e = \zeta - \zeta_p = -\nabla\cdot w - \zeta_p$

Уравнения пластического течения: $d\varepsilon_p = d\lambda\frac{\partial Q(\sigma, p_f)}{\partial\sigma};\ d\zeta_p = d\lambda\frac{\partial Q(\sigma, p_f)}{\partial p_f};\ F(\sigma, p_f) = 0$

Неассоциированная модель Друкера-Прагера: $F(\sigma, p_f) = \sqrt{\frac{1}{2}(\sigma - \frac{\sigma:I}{3}I):(\sigma - \frac{\sigma:I}{3}I)} + B(\sigma:I + 3p_f) - A$

$Q(\sigma, p_f) = \sqrt{\frac{1}{2}(\sigma - \frac{\sigma:I}{3}I):(\sigma - \frac{\sigma:I}{3}I)} + C(\sigma:I + 3p_f)$

$A = \frac{6c\cos(\varphi)}{\sqrt{3}(3-\sin(\varphi))};\ B = \frac{2\sin(\varphi)}{\sqrt{3}(3-\sin(\varphi))};\ C = \frac{2\sin(\psi)}{\sqrt{3}(3-\sin(\psi))}$, φ – эффективный угол внутреннего трения, ψ – эффективный угол дилатансии, c – когезия (сцепление).

Кроме того, в рамках рассмотренной модели пороупругопластичности учитывается нелинейная зависимость параметров модели (модули упругости, модуль Био, проницаемость и другие) от пористости, которая, в свою очередь, зависит от объемной деформации скелета:

Определяющие соотношения: $\sigma = \lambda(\varepsilon_e : I)I + 2\mu\varepsilon_e - bp_fI$

$p_f = M(\zeta_e - b(\varepsilon_e : I))$

$b=1-K_d/K_s$ – коэффициент Био-Уиллиса; $K_d(\phi) = K_s\frac{1-\phi}{1+c\phi}$ - коэффициент объемного сжатия сухой матрицы; $\mu(\phi) = \mu_s\frac{1-\phi}{1+3c\phi/2}$ - коэффициент сдвига сухой матрицы; c – параметр консолидированности; $\lambda = K_d - 2\mu/3$ – параметр Ламе; K_s – модуль объемного сжатия минералов (зерен горной породы); μ_s – модуль сдвига минералов (зерен горной породы); K_f– модуль объемного сжатия жидкости; $M(\phi) = \frac{1}{\frac{\phi}{K_f} + \frac{1-\phi}{K_s} - \frac{K_d}{K_s^2}}$ - модуль Био; ζ_e - обратимое изменение содержания жидкости

в объеме двухфазной среды. Изменение пористости рассчитывается на основе значений объемной деформации пористой матрицы и начального значения пористости: $\phi = \frac{\phi_0 - \nabla \cdot w}{1 + \frac{p_f}{K_f}}$ (Coussy, 2004);

Для численного решения поставленной задачи используются вариационная постановка на основе метода Галеркина и изопараметрический метод спектральных элементов [9, 10, 11] для дискретизации геометрической модели и уравнений по пространству на криволинейных неструктурированных сетках (Рис.1), позволяющих, в том числе, аппроксимировать криволинейную геометрию тела с высоким порядком точности и разгрублением сетки (увеличением размера спектральных элементов) при удалении от концентраторов напряжений [3, 4]:

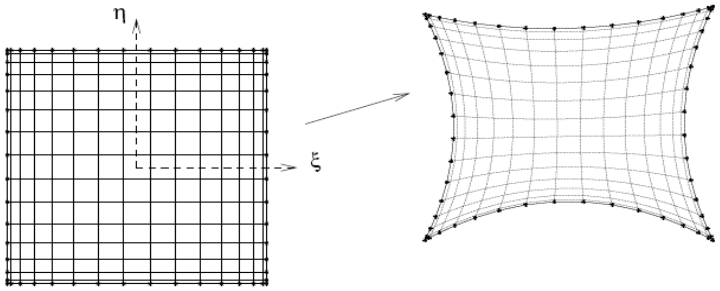


Рис.1 Отображение эталонного элемента на криволинейный спектральный элемент высокого порядка с использованием базисных функций МСЭ – изопараметрическая аппроксимация.

При проведении расчетов модельных задач использовались порядки спектральных элементов до 15го. Отличительной особенностью разработанного алгоритма численного решения системы нелинейных уравнений пороупругопластичности является использование метода динамической релаксации (метод установления по времени), позволяющего на каждом шаге нагружения (шаге изменения внешней нагрузки) получать установившееся (стационарное) решение краевой задачи с использованием явной схемы по времени с ограничением на шаг по времени в соответствии с условием Куранта (шаг по времени пропорционален шагу по пространству.

Программная реализация разработанного алгоритма численной дискретизации системы уравнений пороупругопластичности выполнена с использованием технологии CUDA. В рамках данной реализации спектральноэлементная сетка естественным образом отображается на сетку (grid) из мультипроцессоров графической карты, а соответственно каждый спектральный элемент отображается на потоковый блок (block), в рамках которого отдельные узлы внутри элемента обрабатываются соответствующими им потоками внутри блока. Данный подход позволяет эффективно задействовать возможности разделяемой (shared) памяти для кэширования данных внутри спектрального элемента при формировании вектора внутренних усилий на нем (например, при вычислении производных неизвестных функций), что значительно увеличивает пропускную способность параллельной версии алгоритма, производительность которой ограничена именно скоростью доступа к глобальной графической памяти (memory bounded), а не вычислительной скоростью ядер графического процессора (compute bounded). В докладе приводятся результаты численного решения задачи о развитии зон локализации упругопластической деформации в окрестности скважины,

пробуренной в пористой горной породе, насыщенной жидкостью, в результате сдвигового нагружения (Рис.2).

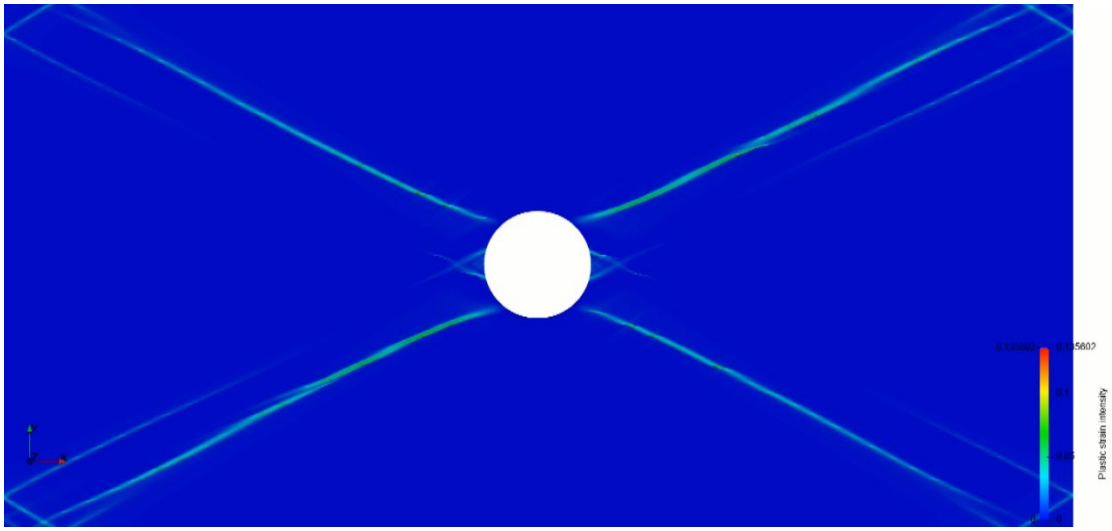


Рис.2 Локализация полос пластических деформаций в окрестности скважины кругового сечения при сдвиговом нагружении.

Рассмотрено изменение пористости и проницаемости в результате накопления пластических деформаций (Рис.3). Расчеты проведены на высокопроизводительной вычислительной станции HP Apollo на основе графических карт NVIDIA Tesla V100.

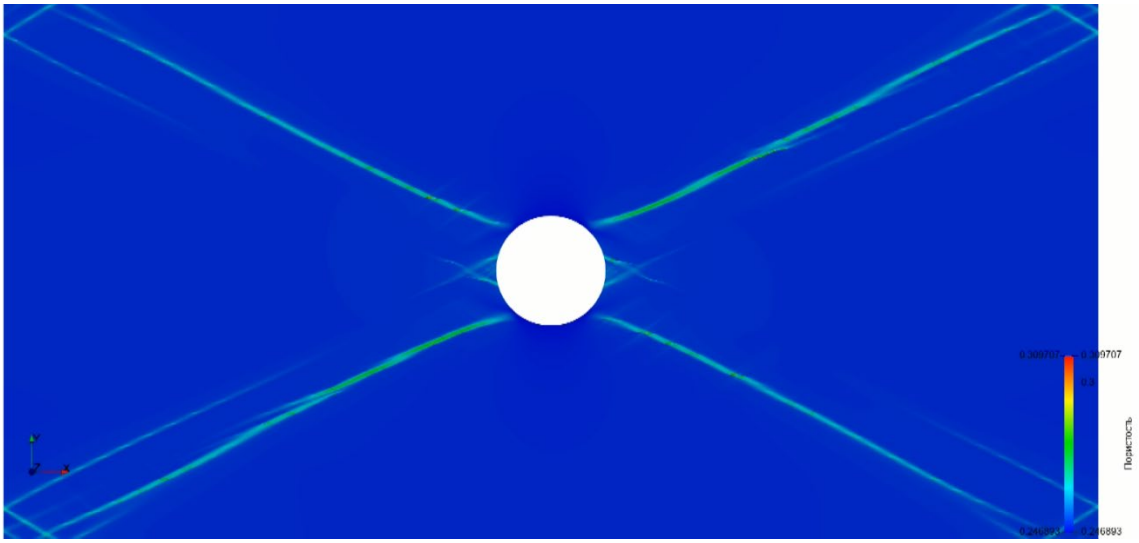


Рис.3 Изменение пористости в окрестности скважины кругового сечения при сдвиговом нагружении. Наибольшая вариация наблюдается внутри полос локализации деформаций.

Заключение

Представленный алгоритм позволяет рассчитывать поля напряжений и деформаций, образующихся в окрестности скважины, пробуренной в пластической флюидонасыщенной среде. Локализация пластических деформаций реализуется в образовании и развитии вывалов, анализ которых необходим для расчета устойчивости ствола скважины. Также описанный алгоритм может быть использован для оценки роста вывалов по мере фильтрации флюида. Представленные результаты повышают значимость геомеханического моделирования на разных этапах освоения и разработки месторождений углеводородов.

Благодарность

Исследования для данной работы были проведены в Институте Физики Земли РАН имени О.Ю. Шмидта за счет средств гранта Российского научного фонда (проект № 19-77-10062) в части разработки математической модели и проведения численного моделирования и в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Соглашение о предоставлении грантов №075-15-2019-1890) в части разработки методов численной дискретизации и распараллеливания на гибридных высокопроизводительных вычислительных системах на основе технологии CUDA.

Список литературы

1. Ahmed Benallal, Alexandre S.Botta, Wilson S.Venturini "Consolidation of elastic–plastic saturated porous media by the boundary element method" Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, Volume 197, Issues 51–52, 15 October 2008, Pages 4626-4644
2. M.A. Biot “Theory of propagation of elastic waves in a fluid-saturated porous solid,” in J. Acoust. Soc. Am., 28, pp. 168-191 (1956).
3. Charara Marwan, Vershinin Anatoly, Deger Evgeniya, Sabitov Denis, and Pekar Grigory. 3d spectral element method simulation of sonic logging in anisotropic viscoelastic media. In SEG Expanded Abstracts, volume 30, pages 432–437, 2011.
4. M. Charara, A. Vershinin, D. Sabitov, and G. Pekar. Sem wave propagation in complex media with tetrahedral to hexahedral mesh. In 73rd European Association of Geoscientists and Engineers Conference and Exhibition, pages 41–45. Vienna, Austria, 2011.
5. Duretz, T., Souche, A., de Borst, R., & Le Pourhiet, L. (2018). The benefits of using a consistent tangent operator for viscoelastoplastic computations in geodynamics. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 19. https://doi.org/10.1029/2018GC007877
6. O. Coussy, Mechanics of Porous Continua, Wiley, New York, 1995.
7. O. Coussy, Poromechanics, John Wiley and Sons, 2004.
8. A. Garavand, YP Stefanov, AS Romanov, YL Rebetsky, and AV Myasnikov. Numerical modeling of plastic deformation and failure around a wellbore in compaction and dilation modes. *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*, 44(6):823–850, 2020.
9. V. S. Karpenko, A. V. Vershinin, V. A. Levin, and K. M. Zingerman. Some results of mesh convergence estimation for the spectral element method of different orders in fidesys industrial package. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 158:012049, 2016.
10. Komatitsch D and Vilotte J-P 1998 The spectral element method: an efficient tool to simulate the seismic response of 2D and 3D geological structures Bulletin of Seismological Society of America 88(2)
11. Dmitriy Konovalov, Anatoly Vershinin, Konstantin Zingerman, and Vladimir Levin. The implementation of spectral element method in a cae system for the solution of elasticity problems on hybrid curvilinear meshes. Modelling and Simulation in Engineering, 2017:1–7, 2017.
12. Yarushina, V. M. & Podladchikov, Y. Y. (De)compaction of porous viscoelastoplastic media: Model formulation. J. Geophys. Res. Solid Earth 120, 4146–4170 (2015)

УДК 534-18

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ УСТОЙЧИВОСТИ САМОПОДЪЕМНОЙ БУРОВОЙ УСТАНОВКИ.

STUDY OF MECHANICAL FACTORS OF STABILITY OF A SELF-LIFTING DRILLING RIG.

Васильев Иван Алексеевич[1], Дубиня Никита Владиславович[1,2], Начев Виктор Андреевич[1,3], Алексеев Дмитрий Александрович[1], Тихоцкий Сергей Андреевич[1,2].

[1] Московский физико-технический институт

[2] Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской Академии наук

[3]Институт динамики геосфер имени академика М.А. Садовского Российской академии наук

Vasilev Ivan Alekseevich[1], Dubinya Nikita Vladislavovich[1,2], Nachev Victor Andreevich[1,3], Alekseev Dmitry Aleksandrovich[1], Tikhotskiy Sergey Andreevich [1,2].

[1] Moscow Institute of Physics and Technology

[2] Schmidt Institute of Physics of the Earth of Russian Academy of Sciences

[3] Sadovsky Institute of Geospheres Dynamics of Russian Academy of Sciences

Введение

В настоящее время все большее внимание уделяется освоению и разработке месторождений углеводородов, расположенных на континентальном шельфе. При освоении таких месторождений и бурении скважин активно используются самоподъемные плавучие буровые установки (СПБУ), основные подходы к проектированию и использованию которых были сформулированы сравнительно давно [Агагусейнов и др., 1979]. Эксплуатация СПБУ сопряжена с решением множества задач, не возникающих при освоении месторождений, расположенных на континенте. Отдельный интерес вызывает задача прогноза рисков при освоении шельфовых месторождений в регионах, характеризующихся повышенной сейсмической активностью.

Основным фокусом данной работы являются механические процессы, приводящие к упомянутым рискам. Среди рисков можно выделить потерю устойчивости опорных колонн СПБУ, а также развитие в них механических повреждений. Реализация таких рисков напрямую зависит от механических процессов, протекающих как непосредственно в СПБУ, так и в донных грунтах в окрестностях опорных колонн. Эти механические процессы в значительной степени определяются множеством геологических факторов, в том числе, наличием в грунтах зон аномально высокого пластового давления, вечной мерзлоты и структурных особенностей строения [Марченко, 2019]. При прогнозе различных рисков в значительной степени используются инженерные подходы, основывающиеся на использовании эмпирических моделей, учитывающих поведение СПБУ в модельных условиях и на объектах, аналогичных рассматриваемым, – месторождениях-аналогах.

Несмотря на то, что методы изучения механических свойств продолжают активно развиваться [Тихоцкий, 2020] актуальными остаются вопросы точности в определении механических свойств верхних слоев донных отложений, необходимой для получения достоверных оценок рисков эксплуатации объектов инфраструктуры на шельфе.

Данные и методы

В работе приведен пример полноценного моделирования механического поведения СПБУ с целью прогноза рисков при ее эксплуатации. В качестве частной задачи рассмотрено поведение СПБУ и донных грунтов, на которых она установлена, при сейсмических воздействиях. По результатам численного моделирования были определены

пространственные распределения полей напряжений и деформаций в самой СПБУ и в окрестности опорных колонн. Было рассмотрено равновесное напряженно-деформированное состояние среды, обусловленное собственным весом СПБУ и сопротивлением грунтов, а также его возмущение, вызванное приходом поверхностной сейсмической волны от крупного землетрясения. В результате анализа рассчитанных полей напряжений были определены зоны их локализации в колоннах СПБУ и определены наиболее опасные с точки зрения потери устойчивости области. Кроме того, было исследовано влияние механических свойств грунтов на критические значения параметров, характеризующих сейсмический сигнал: в частности, была определена зависимость амплитуды волны, приводящей к превышению предела прочности материала колонн и их последующему разрушению, от статических упругих модулей грунта. В данной работе рассматривается модельная задача, однако созданный численный алгоритм может быть применен для прогноза устойчивости и анализа рисков с учетом особенностей рассматриваемых объектов и в реальных условиях.

Моделирование установки

СПБУ представляет собой корпус-понтон, являющийся одновременно и производственной площадкой. На понтоне размещается производственное и технологическое оборудование, жилые и служебные помещения, склады, площадка для вертолетов и т.д. Установка имеет колонны, опирающиеся в рабочем положении на морское дно и удерживающие корпус на заданной высоте над поверхностью воды. В походном положении опоры подняты над палубой понтона [Агагусейнов и др., 1979]. Основными режимами работы СПБУ являются походное положение (опоры подняты над палубой понтона) и рабочее (опоры задавлены в грунт, корпус находится на заданной высоте над поверхностью воды). Наиболее тяжелый режим работы СПБУ – рабочее положение. Целью такого расчета является проверка устойчивости сооружения и определение максимальных нагрузок. В рабочем положении наиболее нагруженным является участок колонны, находящийся в контакте с нижним опорным поясом.

С точки зрения механики сплошных сред проблема механического поведения СПБУ, установленной на донном грунте, является примером классической контактной задачи: жесткое тело (СПБУ) погружено в среду с отличающейся реологией (донные отложения). Боковая поверхность опорных колонн служит поверхностью контакта: вдоль этой поверхности отсутствует скачок нормальных смещений среды, но может присутствовать скачок касательных смещений, обусловленных трением.

Напряженно-деформированное состояние среды определяется системой уравнений механики сплошных сред [Coussy, 2004], состоящей из:

1. Уравнений движения;
2. Условий совместности деформаций;
3. Замыкающих соотношений, определяющих реологические особенности среды.

Расчет устойчивости СПБУ в морском грунте со сложной вязко-упруго-пластической реологией при внешних механических воздействиях проводился с помощью метода конечных элементов (МКЭ). Данный метод является основой большинства систем инженерного анализа. В работе модели СПБУ и грунта были разбиты на конечные элементы в форме тетраэдров. Там, где необходимо было обеспечить более точные значения исследуемых величин, их размер был уменьшен. На рис. 1 представлены отображения перемещений в модели системы «СПБУ-донный грунт».

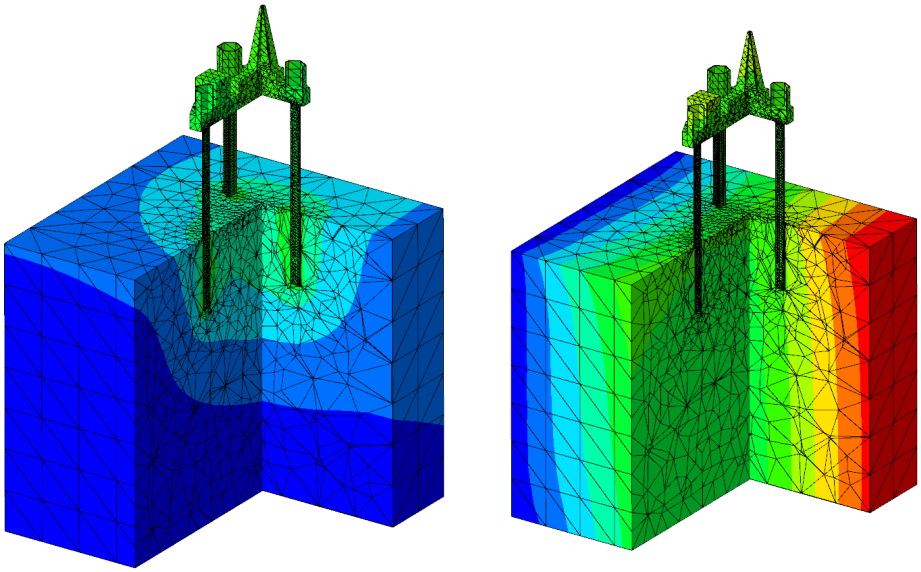


Рис 1. Распределение перемещений под действием силы тяжести (рисунок слева) и при приходе сейсмического воздействия (рисунок справа).

Исследование зависимости устойчивости СПБУ от глубины задавливания опор

Обычно положение опор физических аналогов исследуемой СПБУ в грунте имеет малое значение – до 2 до 10 метров. Но для исследования устойчивости установки данный диапазон был расширен до 52 метров. Физически достигнуть подобного значения не представляется возможным.

Начальные условия, как и в предыдущих исследованиях были одинаковыми: на вертикальную грань модели грунта с боковой стороны СПБУ приходило сейсмическое воздействие, полученное на основании реальных источников. Механические характеристики модели буровой установки и модели донных отложений оставались постоянными. Изменялось только глубина задавливания опор в грунт. В результате моделирования было получено семейство зависимостей максимального напряжения в узле одной из опор от времени (рис. 2). Из-за большого количества полученных результатов данные зависимости нецелесообразно выводить по отдельности.

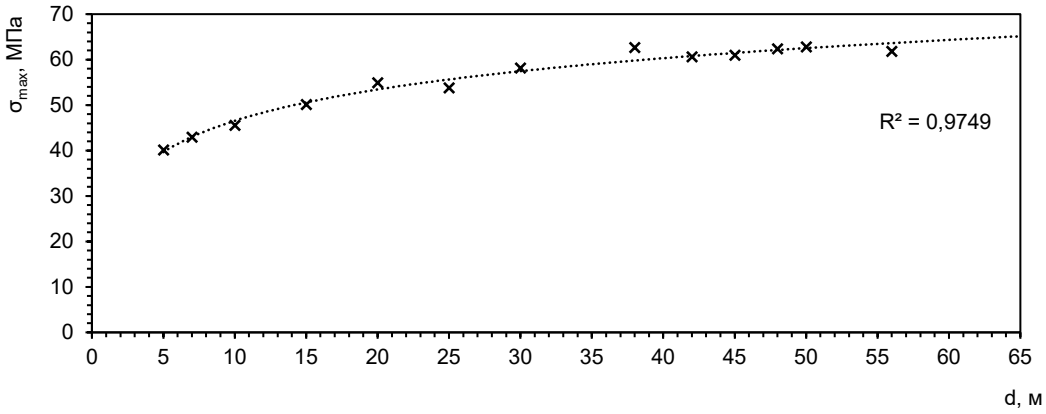


Рис 2. Распределение максимального напряжение на опоре от глубины задавливания опор при фиксированном моменте времени.

Более информативной является зависимость максимального напряжения на узле от глубины задавливания опор при фиксированном моменте времени. Момент времени был выбран исходя из максимального значения напряжения. Данная зависимость описывается логарифмической зависимостью с коэффициентом достоверности R^2 равным 0.8827.

Также, в настоящий момент, ведутся работы по созданию более детализированной модели: модель донных отложений разбита на 3 части с нелинейным сопряжением друг друга. Для каждого из слоев можно определять параметры проницаемости (проницаемость среды k, коэффициент пустоты e, а также массу флюида в слое. При задании начальных условий можно установить параметры порового давления и пустоты. Ниже представлены визуальные отображения работы уточненной модели (рис. 3), на которых можно увидеть детализированную модель донных отложений: объем имеет слоистую структуру, сопряжение слоев задано нелинейно. На левом рисунке показаны деформации, возникающие в модели под действием силы тяжести опоры. На правом – распределения порового давления в слоистой структуре.

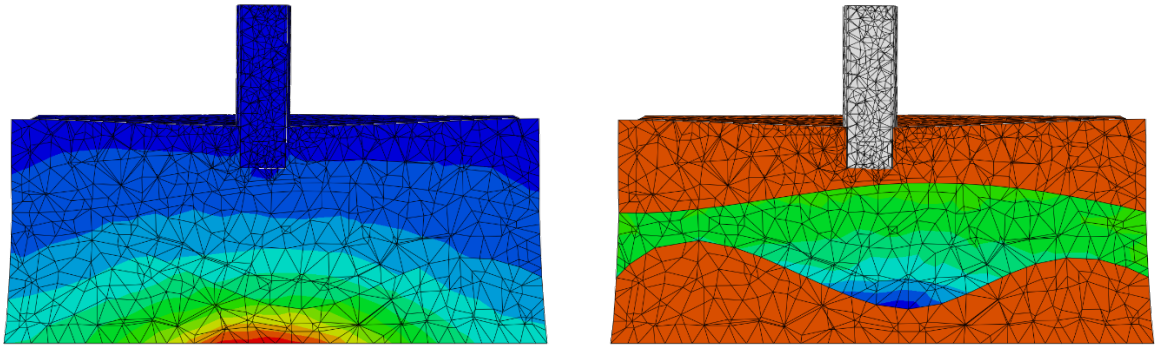


Рис 3. Визуальное отображение работы уточненной модели.

Заключение

Активно развивающиеся в настоящее время методы изучения реологических свойств донных грунтов для последующего построения моделей их механических свойств, в совокупности с привлечением все больших вычислительных мощностей для решения задач нефтегазового комплекса позволяют перейти от инженерных подходов к прогнозу рисков при эксплуатации СПБУ к количественному анализу рисков на основе результатов полноценного численного моделирования.

Полученные в ходе работы результаты демонстрируют возможности математического моделирования для прогноза рисков при эксплуатации СПБУ во время освоения месторождений, расположенных на континентальном шельфе.

Список литературы

Агагусейнов, Ю.А., Вишневская Э.Л., Кулиев И.П., Лейбензон С.Р., Маршлок А.Б., Мочалов М.Н., Саркисов В.Г. Самоподъемные плавучие буровые установки, М., 1979, 215 с.

Марченко И.А. Особенности инженерных изысканий для постановки буровых платформ в арктических морях // Вести газовой науки. 2019. № 2 (39). С. 149–156.

Тихоцкий С.А., Дубиня Н.В., Начев В.А. Новый подход к оценке физико-механических свойств донных отложений в ходе проведения пробоотбора // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2020. Т. 495. № 2. С. 18–22.

Coussy O. Poromechanics – 315 p. 2004.

Рациональное природопользование

Sustainable management, Conservation and Environmental Protection

УДК 911.3:33

УЯЗВИМОСТЬ ОБЪЕКТОВ БЕРЕГОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ, ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К АКВАТОРИИ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ, К ПРИРОДНЫМ ОПАСНОСТЯМ

VULNERABILITY OF THE NORTHERN SEA ROUTE SHORE INFRASTRUCTURE TO NATURAL HAZARDS

Бадина Светлана Вадимовна[1,2]

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет; [2] РЭУ им. Г.В. Плеханова

Svetlana V. Badina[1,2]

[1] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography; [2] Plekhanov Russian University of Economics

Введение

С развитием Северного морского пути (СМП) как главной субполярной транспортной системы на сегодняшний день связывают возможность долгосрочного социально-экономического развития всей Арктической зоны Российской Федерации. Повышение грузопотока по СМП прогнозируется в первую очередь за счет увеличения объемов транспортировки минерально-сырьевых ресурсов с действующих и планируемых к разработке арктических месторождений (в гораздо меньшей степени оно связано с транзитными грузами[1] и северным завозом). Задача по реосвоению СМП имеет важнейшее стратегическое значение для государства, но не только на федеральном уровне (приоритетное развитие Арктики как геостратегической территории, геополитический аспект), но и на региональном: наибольший потенциал дальнейшего экономического развития, повышения собственной налоговой базы регионов, таких как Красноярский край, Архангельская область, Республика Саха (Якутия)) на сегодняшний день сконцентрирован именно на их арктических территориях, обладающих значительным минерально-ресурсным потенциалом, но ограниченной транспортной доступностью. В настоящее время происходит сдвиг в логистике многих арктических проектов на северную схему морского вывоза по СМП [Пилясов и Путилова, 2020].

СМП в перспективе не только снимет многие инфраструктурные ограничения Российской Арктики, интегрировав европейские и дальневосточные морские порты России, но и должен стать неотъемлемым звеном всей транспортной системы Российской Федерации [Григорьев, 2021], особенно при условии дальнейшей интеграции с наземными видами транспорта (железнодорожным и внутренним водным (по судоходным сибирским рекам).

Из всего многообразия внутренних и внешних факторов, определяющих грузоперевозки в арктическом бассейне, в первую очередь необходим учет природно-климатических факторов, фактора состояния глобальных сырьевых рынков (объемы запасов и добычи соответствующих видов полезных ископаемых, их географическое распределение; спрос и предложение, локализация основных экспортеров и импортеров; характеристики транспортных морских потоков), геополитических и геоэкономических отношений,

[1] В 2020 г. транзит составил всего 3,9% от всех перевезенных грузов по СМП (грузооборот по СМП в 2020 г. – 33 млн т)

стратегий глобальных корпораций и компаний, достигнутого уровня и потенциала социально-экономического развития прилегающих к арктическому бассейну территорий, государственной экономической политики в отношении добычи полезных ископаемых, государственной политики в сфере регулирования арктического судоходства, состояния портовой и транспортной инфраструктуры, торгового и ледокольного флотов, тарифной политики (тарифы на ледокольную и лоцманскую проводку судов). Указанные факторы в различных сочетаниях формируют возможности и угрозы, от которых зависит развитие СМП и достижение целевых индикаторов грузооборота (80 млн т к 2024 г.).

Данные и методы

Согласно физико-географическим прогнозам, в акватории СМП ожидается улучшение ледовых условий для судоходства: снижение средней общей толщины зимнего льда, снижение показателя площади летнего льда от зимнего максимума, сокращение многолетнего льда, увеличение средних значений продолжительности навигационного периода без ледокольного сопровождения. Но вместе с тем, помимо положительных эффектов от климатических изменений в Арктике прогнозируется изменение ветрового и циклонического режима в атмосфере, морского волнения и айсберговой активности в бассейне Северного Ледовитого океана, в частности, увеличения длины разбега волн и усиления приповерхностных ветров. Прогнозируемый рост количества штормов с экстремальными характеристиками, активация криогенных береговых процессов (в том числе под действием антропогенного фактора) должны способствовать усилению скорости береговой эрозии. Таким образом, постепенное облегчение ледовой обстановки в связи с происходящими климатическими изменениями не так однозначно – таяние льдов может вызвать неконтролируемые изменения погодных условий, увеличение вероятности возникновения опасных природных явлений в арктическом регионе (например, такого явления, как «ледовый шторм», возникающего в условиях снижения продолжительности ледового сезона и увеличения переходного периода, когда битый лед редкой сплоченности во время сильного волнения на море разрушительно воздействует на портовую инфраструктуру и суда), сделать навигацию даже менее предсказуемой, чем она есть в настоящее время. Все это может привести к повышению уровня риска, как природного, так и экономического для территорий, связанных с работой СМП [Badina, 2021] (разрушение портовой и береговой инфраструктуры (как пример – деформация и разрушение маяков на атомных генераторов, построенных вдоль трассы СМП в советский период), несоблюдение сроков и объемов перевозки грузов, неокупаемости инвестиций в инфраструктурные и минерально-сырьевые проекты, невыхода на проектную мощность горнодобывающих предприятий, недостижение целевых индикаторов развития региональных экономик, невыполнения транзитных обязательств и пр.), что требует детального анализа и количественной оценки.

В данной работе предлагается подход к оценке стоимости недвижимой части береговой инфраструктуры в акватории СМП, которая появится после реализации инвестиционных проектов, связанных с его развитием. Данные о стоимости инфраструктуры в дальнейшем позволят перейти к прогнозированию ущербов от вышеперечисленных природных опасностей в контексте продолжающихся климатических изменений. Расчет стоимости будущих зданий и сооружений (как наиболее восприимчивых к рассматриваемому кругу природных опасностей элементов основных фондов) выполнен по методике, предложенной и апробированной в предыдущих работах автора (например, [Badina, 2021]. Для каждого

рассматриваемого инвестиционного проекта (табл. 1) с учетом его отраслевой принадлежности была рассчитана стоимость зданий и сооружений, которые должны быть построены в момент его завершения, по следующей формуле:

$$k_i n_j I_s = C_s,$$

где k_i – коэффициент капиталоемкости основных фондов отрасли i; n_i – коэффициент, характеризующий долю стоимости зданий и сооружений в общей стоимости основных фондов для отрасли i; I_s – объем инвестиций в проект S; C_s – стоимость зданий и сооружений в момент завершения реализации инвестиционного проекта S.

Информационной базой исследования послужили открытые данные Росстата, данные Комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года, данные российской независимой инвестиционной компании InfraOne.

Результаты

На сегодняшний день федеральный проект развития СМП утвержден в объеме финансирования 735 млрд рублей до 2024 года. Вероятнее всего, основная грузовая база СМП будет формироваться за счет двух проектов «Новатэка»: реализуемого с 2018 года «Ямал СПГ» и планируемого к запуску в 2022-м «Арктик СПГ-2». По этой причине наиболее капиталоемкие мероприятия в федеральном проекте «Северный морской путь» – строительство терминала СПГ и СГК «Утренний» в морском порту Сабетта и реконструкция судоходного подходного канала в Обской губе общей стоимостью более 164 млрд руб., а также Строительство железнодорожного Северного широтного хода и подходов к нему, на котором в структуре грузоперевозок также будет доминировать газовый конденсат. Действительно, как видно на рис. 1, уже после запуска «Ямал СПГ» в 2018 г., в структуре перевозок по СМП СПГ стал доминирующим грузом, и именно за счет него произошел столь стремительный рост грузооборота. Также ожидается рост перевозок по СМП других энергоресурсов за счет развития нефтяных и угольных месторождений Западного Таймыра. Очевидно, что реализация этих крупных проектов связана с возникновением значительных объемов основных фондов, в частности – зданий и сооружений, которые будут подвержены вышеописанным природным опасностям. В таблице 1 представлены результаты расчетов.

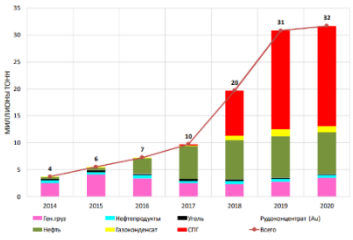


Рис. 1. Динамика импортно-экспортных и каботажных перевозок по СМП 2014–2020 гг. *Источник:* Государственная комиссия по вопросам развития Арктики (https://arctic.gov.ru/)

Таблица 1. Основные результаты расчетов (цветом выделены фонды береговой инфраструктуры, имеющие значительную долю наиболее уязвимой недвижимой части)

	Объем инвестиций, млрд. руб.	Оценочная стоимость зданий и сооружени	Территориальная принадлежность создаваемых

		й, млрд. руб.	основных фондов
Строительство объектов Глобальной морской системы связи при бедствии и для обеспечения безопасности мореплавания в акватории СМП	0,3	0,1	Акватория СМП
Мероприятия по навигационно-гидрографическому обеспечению судоходства на трассах СМП	7,5	-	Акватория СМП
Строительство базы и причала для стоянки аварийно-спасательных судов в Мурманске	1,2	0,7	Мурманская область
Строительство гидрографических, лоцмейстерских, аварийно-спасательных судов ледового класса	33,2	-	Акватория СМП
Строительство четырех ледоколов на СПГ для оказания услуг ледокольного флота	60	-	ЯНАО
Строительство терминала СПГ и СГК «Утренний» в порту Сабетта и реконструкция подходного канала к нему	164,2	101,2	ЯНАО
Строительство железнодорожного Северного широтного хода и подходов к нему	236,7	145,9	ЯНАО
Строительство пяти универсальных атомных ледоколов ЛК-60Я (проект 22 220)	221,5	-	Акватория СМП
Продление срока эксплуатации ядерных установок судов атомно-технологического обеспечения	0,25	-	н/д
Итого	724,85	247,9	-

Заключение

Таким образом, после завершения инвестиционных проектов, связанных с развитием береговой инфраструктуры СМП, в ареалах вероятной активации опасных процессов и явлений возникнет недвижимых основных фондов общей стоимостью порядка 248 млрд. рублей. Максимальная концентрация береговой инфраструктуры – в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО). Антропогенная активация природных опасностей на ранее малоосвоенных территориях также повлияет на увеличение уровня интегрального риска. Полученные результаты стоимостных оценок необходимы для дальнейшего прогнозирования величины прямого ущерба от освещенных в работе природных опасностей и оценки рисков в контексте продолжающихся климатических изменений.

Благодарность

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-77-00047, https://rscf.ru/project/21-77-00047

Список литературы

Пилясов А.Н., Путилова Е.С. Новые проекты освоения российской Арктики: пространство значимо! // Арктика и Север. – 2020. – № 38. – С. 20–42.

Григорьев М.Н. Инвестиционные проекты и транспортная инфраструктура Арктической зоны Российской Федерации // Научные труды Вольного экономического общества России. –2021. – Т. 228. С. 265–282.

Badina S.V. Estimation of the value of buildings and structures in the context of permafrost degradation: The case of the Russian arctic // Polar Science. – 2021. – 100730. DOI: 10.1016/j.polar.2021.100730

УДК

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛАВАЮЩЕГО МОРСКОГО МУСОРА В АРКТИЧЕСКИХ МОРЯХ РОССИИ В ОКТЯБРЕ 2020 Г. В СВЯЗИ С ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

DISTRIBUTION OF FLOATING MARINE MACRO-LITTER IN RELATION TO OCEANOGRAPHIC CHARACTERISTICS IN THE RUSSIAN ARCTIC SEAS IN OCTOBER 2020

Погожева М.П.[1,2], Березина А.В. [1,4], Жданов И.А.[1], Осадчиев А.А.[1], Ханке Г.[5], Якушев *Е.В.*[1,3]

[1]*Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН. Москва, Россия*

[2]*Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова, Росгидромет, Москва, Россия*

[3]*Норвежский институт водных исследований (NIVA), Осло, Норвегия*

[4]*Санкт-Петербургский Государственный Университет (СПБГУ). Санкт-Петербург, Россия*

[5]*Объединенный научный центр, Испра, Италия*

Maria Pogojeva [1,2], Igor Zhdanov [1], Anfisa Berezina [1,3], Alexander Osadchiev [1], Georg Hanke[4], Evgeniy Yakushev [1,5]

[1] *Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia;*

[2] *N.N.Zubov State Oceanographic Institute, Roshydromet, Moscow, Russia;*

[3] *St.Petersburg State University, St.Petersburg, Russia;*

[4] *European Commission Joint Research Centre, Ispra, Italy,*

[5] Norwegian Institute for Water Research, Oslo, Norway

Введение

Под плавающим морским мусором понимают относительно крупноразмерную фракцию (> 2,5 см) материала антропогенного происхождения, который может переноситься на большие расстояния течениями, ветром и волнами. Под плавающим морским мусором подразумевают прежде всего пластиковый мусор, который чрезвычайно медленно разлагается по сравнению с мусором из природных материалов. Он представляет прямую угрозу для морских обитателей и впоследствии разлагается на микропластик (<5 мм). В настоящее время мировая общественность воспринимает плавающий морской мусор как одну из основных проблем загрязнения Мирового океана. Мусор поступает в морскую среду из многочисленных источников на суше и на море. Помимо прямых угроз для морских обитателей, связанных в основном с заглатыванием мусора или запутывания в нем, морской мусор может быть и химическим загрязнителем при выделении из него опасных загрязняющих веществ, он может служить транспортом для перемещения инвазивных видов,

представлять опасность для навигации, а также портить эстетическую привлекательность морских объектов, нанося существенный урон туристической индустрии. Мусор может опускаться на дно, выноситься на пляжи и береговые линии или разлагаться на микропластик, но большая его часть может оставаться плавающей на поверхности моря в течение длительных периодов времени и переноситься на большие расстояния [1]. Северный Ледовитый океан представляет собой уязвимую среду с уникальной экосистемой, которая подвергается возрастающему давлению из-за изменения климата, влекущему за собой сокращение ледяного покрова и увеличение антропогенной нагрузки. Данные о морском мусоре в Арктическом регионе крайне скудны в настоящее время и не позволяют оценить пути распространения и источники его поступления. Такая информация необходима для реализации мер по уменьшению загрязнения морской среды [2].

Основными целями этой работы были сбор новых данных о плавающем морском мусоре и естественных плавающих объектах, предварительная оценка уровня загрязнения мусором и анализ потенциальных источников поступления. Работы были проведены в 82м рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» в сентябре-ноябре 2020 года в Белом, Баренцевом, Карском, Лаптевых и Восточно-Сибирском морях.

Данные и методы

Для сбора данных о плавающих объектах использовалась методика института Joint Research Center (Объединенный научный центр, г. Испра, Италия) [3]. При помощи мобильного приложения Floating Litter Monitoring (FLM), установленного на планшет на базе Android, фиксировалось наличие крупных частиц морского мусора на поверхности моря. Наблюдения проводились с палубы судна во время движения. Исходя из высоты наблюдателя над урезом воды и условий наблюдения, выбиралась ширина полосы учета (обычно около 15–30 м), в которой наблюдатель гарантированно различает объекты более 2,5 см согласно методике [4]. Приложение позволяет записывать трек учета с привязкой каждого объекта к GPS координатам и идентифицировать объекты морского мусора по установленным общепринятым категориям.

Для сбора океанографических данных и интерпретации данных о распределении мусора использовалась установленная на судне система сбора забортной воды с водозаборником, расположенным на глубине 2,5 м с правой стороны судна. Подача воды в проточной системе обеспечивалась бортовым насосом мощностью 900 Вт (3200 л / ч). Система была оборудована термосалинографом (SBE 21 SeaCAT), который непрерывно регистрировал соленость и температуру морской воды. Помимо этого, были установлены волоконно-оптические датчики T, DO и pH компании PyroScience FireSting pro, регистрирующие концентрации растворенного кислорода (мкМ) и pH. Датчики калибровались до выполнения съемки и после.

Результаты

Результаты этого исследования представляют первые данные о распределении плавающего морского мусора в морях российской Арктики в зависимости от океанографических условий (положения водных масс разного происхождения, описываемых характерной температурой, соленостью, растворенным кислородом и pH). Сопоставление этих данных показывает, что плавающий морской мусор поступает через пролив Карские ворота из Баренцева моря в Карское. В работе показано, что область его распространения ограничена фронтальной зоной между солеными поверхностными водами Атлантики и более пресными водами Обь-Енисейского плюма (рис.1).

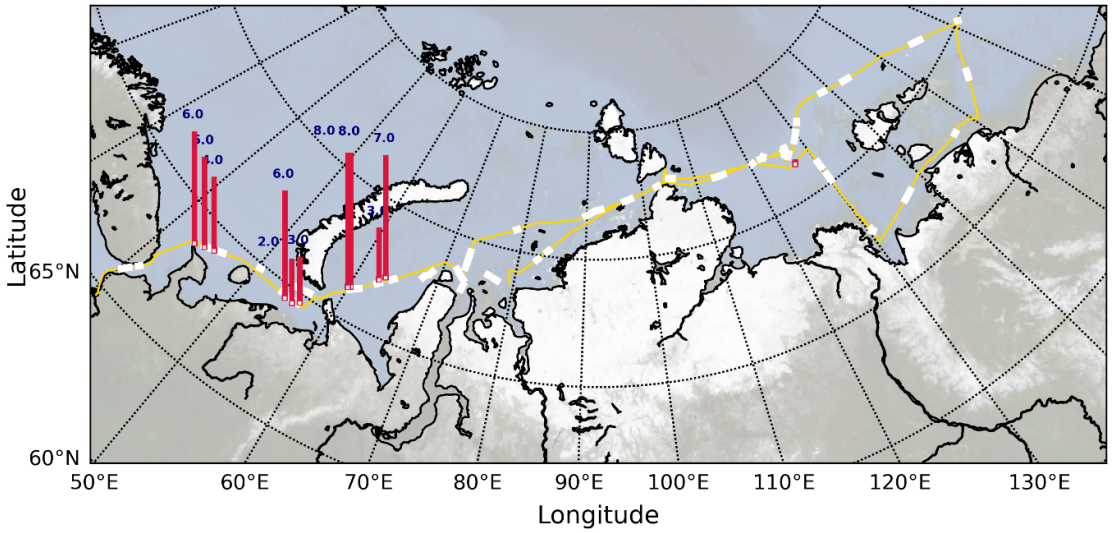


Рис.1. Результаты наблюдений за пластиковым мусором. Желтой линией показан маршрут судна, белыми прямоугольниками – трансекты, на которых проводились наблюдения, красными столбцами – плотность пластикового мусора на трансектах (частицы/км^2).

Мы предполагаем, что плавающий макромусор, как и микропластик, накапливаются в этой фронтальной зоне, затем переносятся на север вместе с плюмовыми водами и, наконец, достигают районов ледообразования в северной части Карского моря. Главный вывод этого исследования состоит в том, что плавающий морской мусор был обнаружен только в воде атлантического происхождения, поступающей из Баренцева моря, где средняя плотность на наблюдаемых трансектах составляла 0,92 частиц/км^2. Восточные части исследования, Карское море, море Лаптевых и Восточно-Сибирское море были практически свободны от плавающего мусора. Поступление с водами рек в осенний период представляется незначительным, по крайней мере, в осенний период.

Благодарности

Эта работа частично финансировалась проектом Министерства климата и окружающей среды Норвегии RUS-19/0001 «Создание регионального потенциала для измерения и моделирования распределения и поступления микропластика в Баренцево море из рек и течений (ESCIMO)» и Российским фондом Фундаментальные исследования, исследовательские проекты 19-55-80004.

Список литературы

1. NOAA. 2016. “Modeling Oceanic Transport of Floating Marine Debris.” *NOAA Marine Debris Program*: 21
2. PAME. 2019. Protection of the Arctic marine environment *Desktop Study on Marine Litter Including Microplastics in the Arctic*
3. Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas / *F. Galgani, G. Hanke, S. Werner, L. Oosterbaan, P. Nilsson, D. Fleet, S. Kinsey, J. van Franeker, T. Vlachogianni, M. Scoullos, J. Mira Veiga, A. Palatinus, M. Matiddi, T. Maes, S. Korpinen, A. Budziak, H. Leslie, J. Gago, G. Liebez* // European Commission, Joint Research Centre. MSFD Technical Subgroup on Marine Litter (TG ML). – 2013. – № EUR 26113. – P. 1-126.

4. *González-Fernández D., Hanke G.* Toward a harmonized approach for monitoring of riverine floating macro litter inputs to the marine environment // Frontiers in Marine Science. – 2017. – V. 4. – P. 1–7.

УДК: 599-152.6:639.2.081(268.45)

О ВЛИЯНИИ РЫБОЛОВСТВА НА МОРСКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ

ABOUT FISHERIES INFLUENCE TO MARINE MAMMALS IN THE BARENTS SEA

Клепиковский Роман Николаевич[1]
[1] *Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича), Мурманск*

Klepikovsky Roman Nikolaevich
[1]*Polar branch of VNIRO ("PINRO" named after N.M. Knipovich), Murmansk*

Введение

Баренцево море является акваторией интенсивного рыболовства, где ведется добыча различных гидробионтов, в частности рыбы, крабов, креветки. Промысловой деятельностью охватываются многие районы Баренцева моря, а также прилегающие воды, в результате идет антропогенное воздействие на все звенья данной экосистемы, в том числе и на морских млекопитающих. В связи с этим, с начала 2000-х гг., одновременно с систематическим сбором информации по встречаемости, количеству и распределению китообразных и ластоногих, специалисты Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО» (ПИНРО) стали уделять внимание и исследованиям взаимоотношений этих морских млекопитающих с рыболовством [Клепиковский, Лукин, 2014]. В работе представлены зафиксированные случаи влияния промысла на китообразных и ластоногих в открытых частях Баренцева моря и прилегающих акваториях, а именно, попадание их в орудия лова, изменение их поведения или кормовой специализации.

Материалы и методы

Материалом для работы послужили данные о влиянии различных видов промысла на морских млекопитающих, собранные на рыболовных судах научными наблюдателями ПИНРО с 2002 по 2007, в 2011, 2012, 2015, 2017 и 2019 гг. (рис.1). В целом был зафиксирован 101 случай.

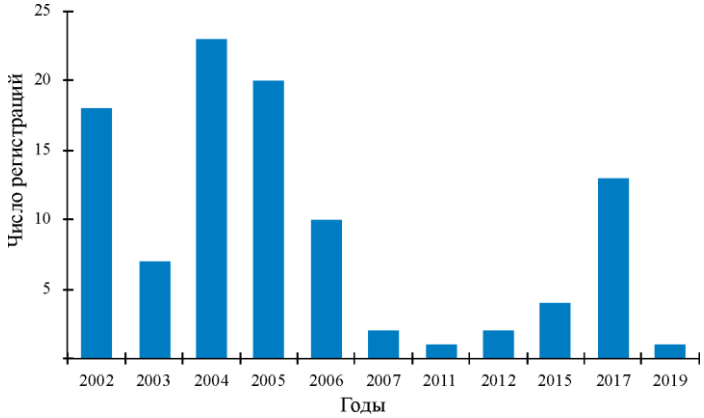


Рис.1. Количество отметок влияния рыболовства на морских млекопитающих в Баренцевом море и прилегающих акваториях.

Разный объем собранного материала по годам говорит только об интенсивности сбора такого рода информации. Наибольше количество сотрудников ПИНРО было задействовано на большем количестве судов в 2002-2006 гг. и значительно меньше в последующие годы (кроме 2017 г.). Специалисты института на рыбопромысловых судах, кроме своей основной работы - сбора ихтиологического материала, дополнительно проводили наблюдения за морскими млекопитающими. В случае обнаружения животных, по возможности, перед судовыми наблюдателями ставились задачи: определить вид, характер деятельности (например,

миграции, питание и т. п.), размер и состав групп животных, привязка морских млекопитающих к концентрациям кормовых объектов (тралово-акустический метод), приуроченность их встречаемости к зоне работы промысловых судов. При этом, по возможности, собирались сведения о влиянии на китообразных и ластоногих различных видов орудий лова (трал, ярус, ловушки).

Результаты

Наблюдателями на промысловых судах в Баренцевом море и прилегающих акваториях с 2002 по 2019 гг. были отмечены следующие случаи влияния рыболовства на морских млекопитающих:

- попадания гренландских тюленей (*Pagophilus groenlandicus*) и морского зайца (*Erignathus barbatus*) в тралы;
- запутывание горбачей (*Megaptera novaeangliae*) и малого полосатика (*Balaenoptera acutorostrata*) в несущем тросе ставных донных краболовных ловушек;
- запутывание беломордого дельфина (*Lagenorhynchus albirostris*) в донном ярусе;
- подходы малого полосатика, кашалота (*Physeter macrocephalus*), высоколобого бутылконоса (*Hyperoodon ampullatus*) к промысловым судам и подбирание или объедание уловов рыбы;
- регистрация ранее погибших китов в уловах тралов (малый полосатик), или на воде (горбач);
- регистрация в трале ранее погибшего белого медведя (*Ursus maritimus*).

Результаты этих наблюдений представлены на рис. 2 и 3.

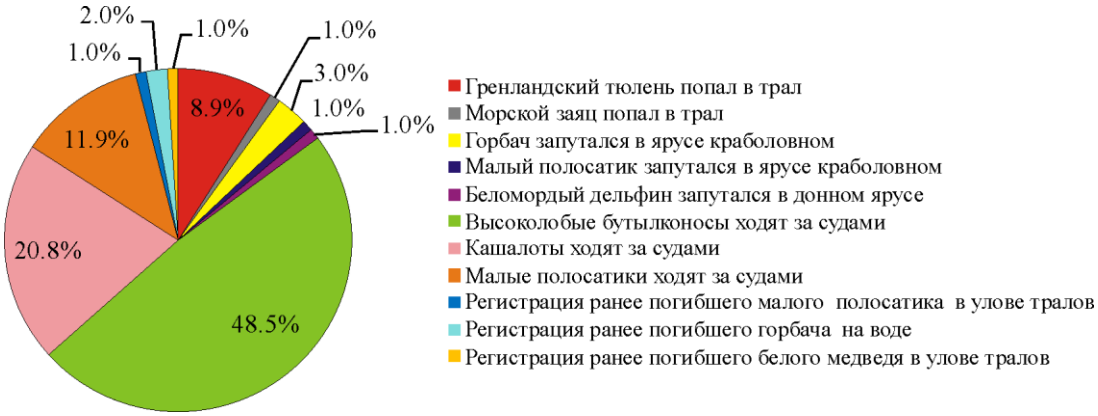


Рис.2. Соотношение (%) различных случаев влияния рыболовства на морских млекопитающих, отмеченных за период 2002-2019 гг.

На рис.2 видно, что наибольшее число из отмеченных случаев приходится на регистрацию подходов китообразных к судам и подбирание ими (в случае тралов), или объедание (в случае ярусов) части уловов.

Если рассмотреть все отмеченные случаи влияния рыболовства на морских млекопитающих по районам Баренцева моря, то для каждого из них можно выделить свои определенные особенности (рис.4).

В западных районах на свале глубин отмечаются подходы кашалотов и высоколобых бутылконосов к рыболовным судам ведущих промысел черного палтуса (*Reinhardtius hippoglossoides*). Здесь регистрируется подбирание обоими видами млекопитающих рыбы, выпадающей при подъеме тралов, или, в частности для бутылконоса, объедание части улова при выборке донных ярусов. Исследования, проведенные в 2005 г., показали, что бутылконосы могут объедать с яруса до 40 % улова [Клепиковский,2006]. Схожее поведение наблюдается у малого полосатика на юго-востоке Баренцева моря. Здесь киты также подходят к рыболовным судам при выборке трала и собирают выпадающую рыбу, в основном треску (*Gadus morhua*) или пикшу (*Melanogrammus aeglefinus*).



а б в

Рис.3. Фото морских млекопитающих, попавших в орудия лова: а -молодые гренландские тюлени, погибшие в трале; б-морской заяц из улова трала; в- хвост горбача, запутавшегося в порядке краболовных ловушек.

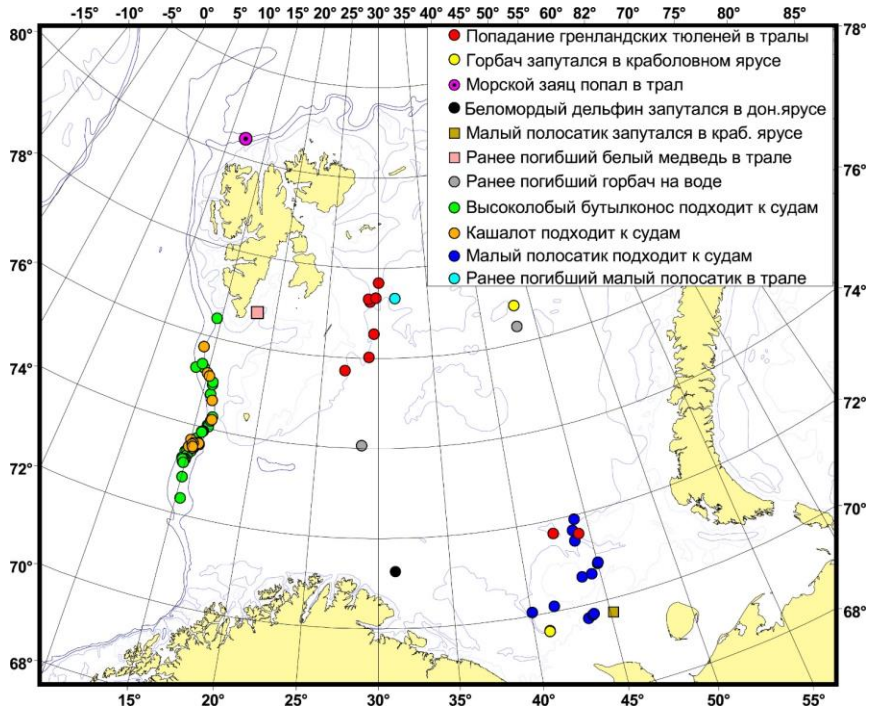


Рис.4 Отметки влияния рыболовства на морских млекопитающих в Баренцевом море и прилегающих акваториях за период 2002-2019 гг.

К северу от арх. Шпицберген зафиксирован случай поимки морского зайца в трал. Со слов наблюдателя, отметившего этот прецедент, экипаж судна не раз наблюдал попадание морского зайца в трал в данном районе в различные годы.

К югу от арх. Шпицберген зарегистрирован факт поимки в трал ранее погибшего белого медведя (полуразложившийся), возможно запутавшегося в трале при его подъеме на другом судне. Опрос наблюдателем судовой команды, установил, что белые медведи, в основном молодые, довольно часто встречаются в этом районе в летние месяцы, и, возможно, могут погибать из-за непогоды или случайно попадать в тралы при их подъеме.

В северо-западной части Баренцева моря (район о. Надежды) в осенние месяцы фиксировались случаи поимки в трал гренландских тюленей (в основном молодых особей).

Согласно опросным данным судовых экипажей еще в 2003 г. попадание этого вида ластоногих в данном районе было достаточно обычным явлением [Зырянов, 2004]. Пара случаев поимки гренландских тюленей в тралы отмечена в зимние месяцы на юго-востоке Баренцева моря.

При промысле краба стригуна (*Chionoecetes opilio*) на северо-востоке Баренцева моря (август) зарегистрирован случай запутывания горбача в ловушечных ярусах, а при добыче камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) на юго-востоке акватории исследований (октябрь-ноябрь) отмечались запутывания и горбача, и малого полосатика. По опросным данным судовых экипажей, это явление не такое редкое, но об этом стараются не распространяться.

В промысловых районах севернее 74° с.ш. на воде отмечались туши ранее погибших китов горбачей, возможно, пострадавших от промысловых судов-краболовов. В одном из траловых уловов отмечен ранее погибший малый полосатик (полуразложившаяся туша).

На юге Баренцева моря зафиксирован случай запутывания беломордого дельфина в донном ярусе.

Заключение

Многолетние наблюдения с промысловых судов позволили собрать информацию и получить общую картину влияния рыболовства на морских млекопитающих на акватории Баренцева моря, а также выявить основные районы, где это влияние периодически происходит. Наибольшее число из отмеченных случаев приходилось на регистрацию подходов китообразных к судам и подбирание ими (в случае тралов), или объедание (в случае ярусов) части уловов. Интересными для дальнейших исследований определены факты запутывания горбачей и малых полосатиков в краболовных ярусах.

Оценка размера гибели морских млекопитающих в орудиях лова на акватории Баренцева моря в настоящее время на основе имеющейся информации достаточно затруднительна. Для решения этой задачи необходима налаженная система сбора информации со всех судов, ведущих промысел в Баренцевом море. Работоспособность этой системы может быть обеспечена только государственным регулированием, в том числе на законодательном уровне, с методами активного стимулирования судовладельцев к сбору подобной информации, как это делается в ряде зарубежных стран.

Литература

Зырянов С.В., Островский, С.Ю, Какора А.Ф., Муллин Н.Ю., Громов М.С. О возможных размерах гибели морских млекопитающих в орудиях лова в Баренцевом море// Морские млекопитающие Голарктики 2004. Сборник научных трудов. Москва. С. 231-234.

Клепиковский Р.Н., Шестопал И.П. Высоколобый бутылконос (*Hyperoodon ampullatus*) Баренцева моря: распределение в осенний период, взаимодействие с рыболовными судами// Морские млекопитающие Голарктики: Сборник научных трудов. – СПб., 2006. С.246-249.

Клепиковский Р.Н., Лукин Н.Н. Краткие итоги изучения взаимоотношения морских млекопитающих с рыбным промыслом в открытых частях Северной Атлантики и Баренцевом море. // Морские млекопитающие Голарктики. 2015. Сборник научных трудов. Том 1. Москва. С. 215-217.

УДК 504.064.2.001.18

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФОРЕЛЕВЫХ ХОЗЯЙСТВ НА ПРИБРЕЖНЫЕ АКВАТОРИИ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF IMPACT OF TROUT FARMS IN THE COASTAL AREA OF LADOGA LAKE

Лапенков Артем Евгеньевич, Гузева Алина Валерьевна, Зарипова Ксения Маратовна
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (СПб ФИЦ РАН), Институт озероведения Российской академии наук

Lapenkov Artem, Guzeva Alina, Zaripova Ksenia
St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (SPC RAS), Institute of Limnology of the Russian Academy of Sciences

Введение

Функционирование форелевых хозяйств сопряжено с интенсивным загрязнением водной среды органическими и неорганическими веществами, которые аккумулируются в донных осадках. Загрязнение может распространяться на обширную часть акватории, значительно превышающую площадь непосредственно под садками. Донные отложения являются конечной депонирующей средой водных экосистем, а также служат средой обитания бентических сообществ. Интенсивное поступление органического вещества приводит к исчерпанию запаса кислорода в водной толще и осадках, из-за чего в придонной области возможно формирование резко восстановительных условий. Это сопровождается образованием восстановленных (подвижных) форм металлов, азота и серы. Накопление в восстановительной среде большого количества газов, в частности, метана (CH_4) и сероводорода (H_2S), может крайне негативно повлиять не только на бентические сообщества, но и на садковую рыбу.

С 2020 года Институт озероведения РАН проводит комплексную геоэкологическую оценку состояния донных отложений как интегрального показателя долговременного влияния садковых хозяйств на прибрежные территории Ладожского озера. В данной работе анализируются сезонной вариации геохимических параметров донных отложений. Интенсивность кормления рыбы напрямую зависит от термического режима, что непосредственно влияет на количество поступающих в донные осадки веществ. Послойный анализ донных отложений дает информацию о долговременной и сезонной динамике поступления веществ в экосистему и уровнем их накопления в осадках.

Материалы и методы

В России лидером по выращиванию форели является Республика Карелия. Для садкового разведения рыбы активно используются шхерные районы северной части Ладожского озера. Исследование сосредоточено на трех хозяйствах, расположенных в районе г. Лахденпохья, г. Сортавала и о. Валаам.

Отбор проб воды и донных отложений в зимний период осуществлялся с ледового покрова озера, а в летний – с борта плавательного средства. Для отбора донных отложений применялся гравитационный пробоотборник открытого типа. Были сделаны описания литологических (стратификационных) особенностей колонок, определен слой органического материала, накопленный поверх исходных отложений, а также зафиксировано наличие/отсутствие пузырей газов и осуществлены замеры pH и Eh толщи воды и донных отложений с помощью портативных приборов. Данные показатели сами по себе уже несут информацию о

качественном состоянии донных отложений, поэтому первичная оценка осадков проводилась по параметрам pH и Eh [Hansen et al., 1997], (рис. 1). К первой категории относятся хорошо аэрированные среды с низким содержанием органических веществ и благоприятными условиями для бентических сообществ. Третья категория характеризует восстановительную среду с присутствием H_2S, который дает отрицательные значения Eh в придонной воде. Пятая категория представляет среду с низкими значениями pH и присутствием CH_4. Категории 2 и 4 выделяются для переходных зон.

В донных отложениях также послойно было определено общее содержание рассеянного органического вещества согласно ГОСТ 23740-2016 (потери при прокаливании 550°С в течение 5 часов).

Результаты исследований

Донные отложения были исследованы в периоды наименее (зимний сезон) и наиболее (летний сезон) интенсивного кормления. В зимний период непосредственно под садками донные отложения по показателям pH и Eh соответствовали третьей категории. В летний сезон значения параметров сместились в сторону кислых резко восстановительных (бескислородных) условий, что соответствует среде с большим количеством органики и риском образования метана – потенциально токсичный газ для живых организмов. Среда для существования бентических сообществ оценивается как неблагоприятная в оба сезона (рис. 1). Кроме того, риск вторичного загрязнения водной среды накопившимися органическими и неорганическими веществами также зависит от физико-химических параметров среды [Kowalczewska-Madura et al., 2018] [Moore et al., 2015]. Данные показателя важно учитывать и при дальнейших геохимических исследованиях: оценка накопления и подвижности биогенных (P, N) и микроэлементов-добавок в корма (Fe, Zn, Cu, Mn).

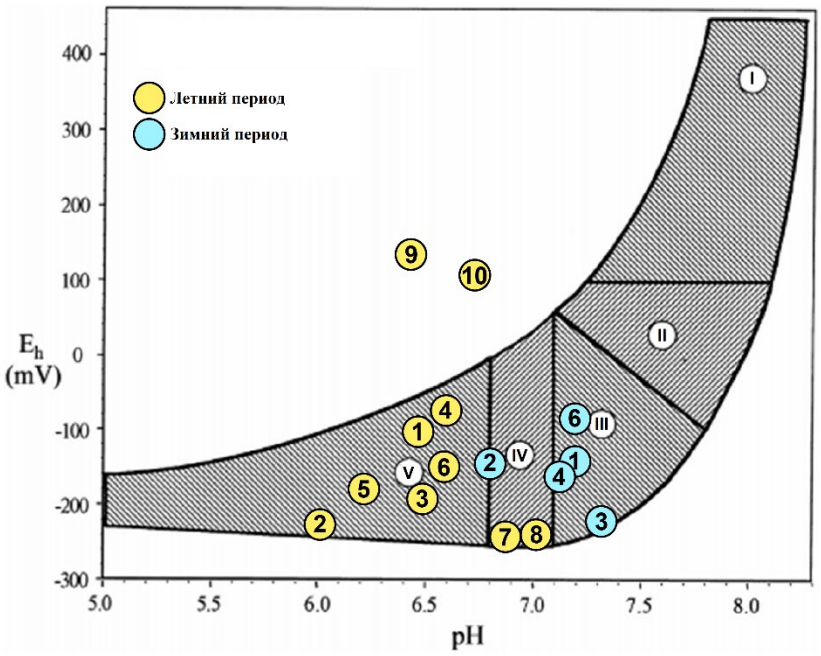


Рис 1. Физико-химические параметры донных отложений в точках отбора проб на форелевых хозяйствах в районе г. Лахденпохья

Содержание рассеянного органического вещества значительно выше в верхних слоях 0–10 см колонок донных отложений. Например, под садками о. Валаам в зимний период по сравнению с фоновыми слоями (от 15 см и глубже) в слое 0–5 см концентрации увеличиваются в 3–4 раза, а в летний период – в 5–8 раз (рис. 2). Это свидетельствует о том, что за длительный период существования на данном месте садковых хозяйств уже накоплен значительный слой высокоорганических грунтов, органическое вещество которых не успевает преобразовываться до фонового уровня. В дальнейшем в планы работ входит подробный анализ валового

содержания биогенных элементов (азот и фосфор) в донных осадках, а также оценка устойчивости их связи с компонентами отложений.

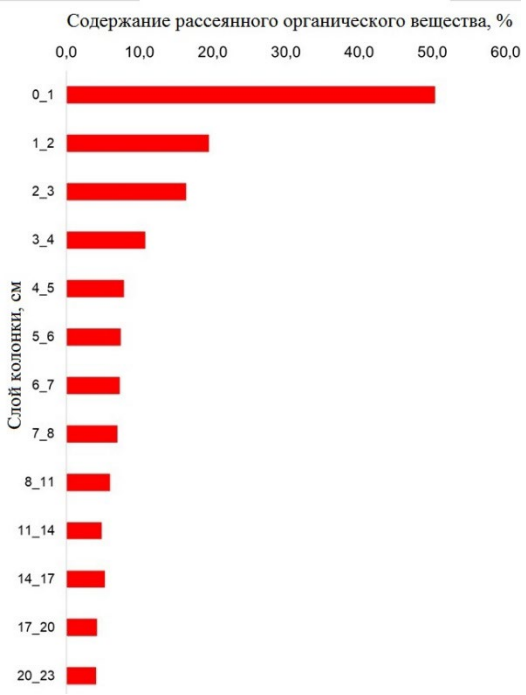


Рис 2. Содержание рассеянного органического вещества в колонке донных отложений, отобранной под садками на форелевом хозяйстве о. Валаам

Список литературы

1. *Hansen P., Ervik K., Aure A., Johannessen J., Jahnsen P., Stigebrandt T., Schaanning A.,* 1997. MOM. Concept and Revised Edition of Monitoring Programme, Fiskenog Havet 7. Institute of Marine Research, Bergen, Norway, 51 pp.

2. *Kowalczewska-Madura K., Dondajewska R., Gołdyn R., Kozak A., Messyasz B.,* 2018. Internal Phosphorus Loading from the Bottom Sediments of a Dimictic Lake During Its Sustainable Restoration. Water Air Soil Pollut., 229, 280

3. *Moore F., Nematollahi M. J., Keshavarzi B.,* 2015. Heavy metals fractionation in surface sediments of Gowatr bay—Iran. Environ Monit Assess., 187 (1), 4117

УДК 551.464

ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА-А В РАЙОНАХ КАРСКОГО МОРЯ В ПЕРИОД ТАЯНИЯ ЛЬДА
INFLUENCE OF ABIOTIC FACTORS ON THE CONTENT OF CHLOROPHYLL-A IN THE AREAS OF THE KARA SEA DURING ICE MELTING

Геттих Нелли Павловна[1], Евенкова Татьяна Дмитриевна[1], Костылева Анна Владимировна[2], Казакова Ульяна Александровна[3], Осадчиев Александр Александрович[2], Степанова Наталья Борисовна[2,4]
Gettih Nelly Pavlovna[1], Evenkova Tatyana Dmitrievna[1], Kostyleva Anna Vladimirovna[2], Kazakova Ulyana Aleksandrovna[3], Osadchiev Aleksandr Aleksandrovich[2], Stepanova Natalia Borisovna[2,4]
[1]Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург
[2] Институт океанологии им. П. П. Ширшова Российской академии наук, г. Москва
[3]Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», г. Москва
[4]Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), г. Долгопрудный
[1]Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg
[2]The Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow
[3]Moscow State University, Moscow
[4]Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny

Материалы и методы

Гидрохимические исследования проводились в рамках 58-й экспедиции НИС «Академик Иоффе» в Карском море по программе Плавучий университет ИО РАН и МФТИ. В настоящей работе рассмотрены гидролого-гидрохимические станции, расположенные вдоль ледовой кромки, которые условно можно разделить на два «ледовых» полигона – южный (станции 3965, 3966, 3967) и северный (станции 3969, 3970), географическое положение которых показано на рис.1. Работы в этих районах проводились с 19 по 20 августа 2021 года.

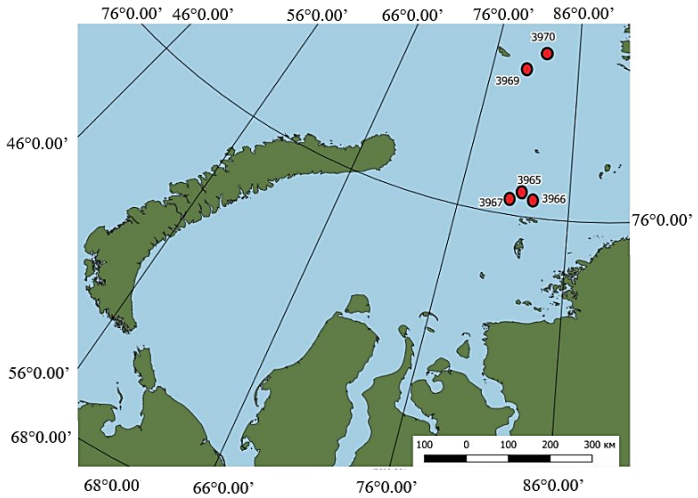


Рис.1 Карта расположения точек отбора проб

Горизонты отбора проб выбирались в зависимости от термогалинных условий. Пробоотбор осуществлялся при помощи пластиковых батометров Нискина. Сразу же после отбора проводилась фиксация проб на растворенный кислород и аммонийный азот. Последующий анализ гидрохимических показателей проводился в судовой лаборатории по стандартным методикам [Руководство…, 2003]. Был определен полный комплекс

гидрохимических параметров: растворенный кислород, pH, общая щелочность, соленость, минеральный фосфор, силикаты, нитраты, нитриты, растворенный в воде аммонийный азот, а также хлорофилл-а [Holm-Hansen and Riemann, 1978]. В работе сделан упор на рассмотрении содержания основных биогенных элементов и хлорофилла-а.

Результаты

Биогенные элементы

Распределение минеральных форм азота имело схожие черты среди всех станций южного полигона (рис. 2). Содержание нитритов (NO_2) и нитратов (NO_3) возрастало по мере увеличения глубины, а минимальное значение наблюдалось на поверхности. В границах южного полигона минимум для обеих форм был равен аналитическому нулю, максимум – 0.16 µM и 4.88 µM, среднее значение – 0.05 и 1.34 µM для нитритной и нитратной форм азота соответственно. Распределение аммонийного азота (NH_4) можно охарактеризовать следующим образом: по мере увеличения глубины концентрация постепенно возрастала и достигала максимального значения на глубине 10–20 м, затем уменьшалась в более глубоких слоях до минимальной величины. Наибольшее содержание аммонийного азота для южных станций составило 0.48 µM, наименьшее 0.12 µM, среднее значение 0.31 µM.

На всех трех станциях (3965; 3966; 3967) южного полигона наблюдалось увеличение концентрации фосфатов (PO_4) с глубиной, так минимальное значение на полигоне составило 0.11 µM, максимальное – 0.59 µM (на ст. 5967 на глубине 54.5 м), среднее -0.29 µM (рис.2).

Содержание кремния (Si) на станции 3965 южного полигона увеличивалось по мере увеличения глубины (рис. 2). На двух других станциях наибольшие концентрации кремния были отмечены в поверхностном слое (рис. 3). Содержание кремния снижалось от поверхности до глубины около 10 м с последующим его увеличением с глубиной, Минимальное значение Si составило 1.21 µM, максимальное – 12.00 µM, среднее – 6.56 µM.

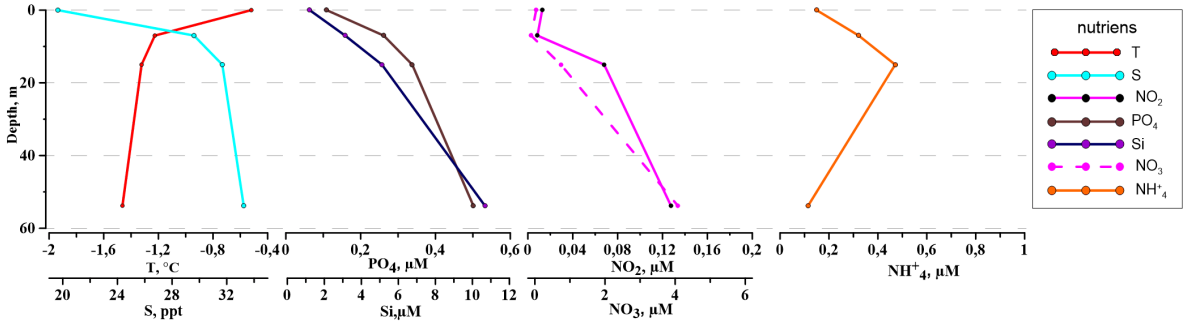


Рис. 2 Распределение биогенных элементов на ст.3965 (южный «ледовый» полигон)

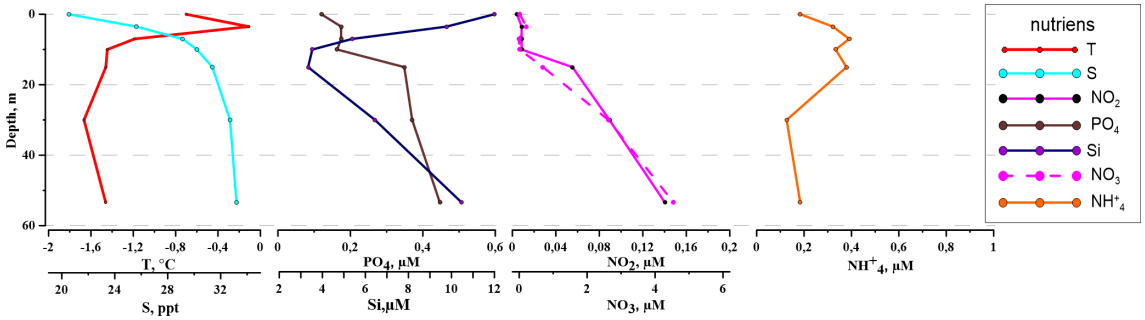


Рис. 3 Распределение биогенных элементов на ст.3966 (южный «ледовый» полигон)

В целом характер распределения минеральных форм азота в водах северного полигона аналогичен южному (рис. 4). Однако стоит отметить следующее различие: максимум и минимум содержания несколько сместился. Так, минимальные значения наблюдались в подповерхностном слое для всех форм азота, и, в случае с аммонийным азотом, максимальные значения были отмечены на глубине 30 м. В районе северных станций

максимальное содержание нитритного и нитратного азота составило 0.14 и 6.17 µM соответственно; минимальное было равно аналитическому нулю; среднее значение – 0.07 и 2.27 µM. Концентрация аммонийного азота на северном полигоне, как и на южном не превышала 1 µM, при этом минимум соответствовал 0.12 µM, максимум – 0.94 µM, а среднее значение составило 0.49 µM.

Характер распределения минерального фосфора на северном полигоне (3969; 3970) аналогичен южному. Минимальное значение для фосфатов было равно 0.02 µM, максимальное – 0.45 µM (на глубинах, ниже 30 м), среднее – 0.24 µM.

Содержание кремния на северном полигоне: минимальное значение составляло 0.15 µM, максимальное – 2.40 µM, среднее – 0.69 µM.

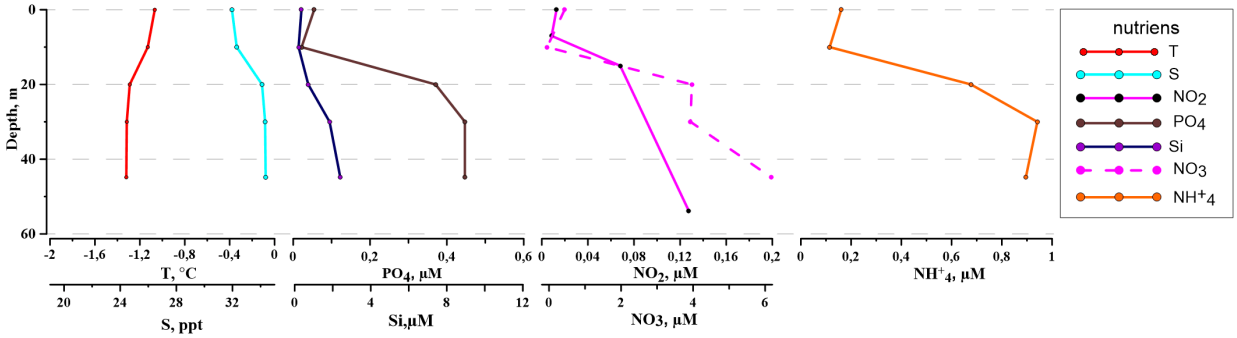


Рис. 4 Распределение биогенных элементов на ст.3969 (северный полигон)

При сравнении северных и южных станций были отмечены существенные различия в содержании кремния. Среднее и максимальное значения Si на южном полигоне в 9,5 и в 5 раз, соответственно, больше, чем на северном полигоне, что может характеризовать ледовую кромку как существенный источник кремния. Среднее содержание нитратного азота на северном полигоне в 1,7 раз больше, чем на южном. Существенной разницы в характере распределения и концентрации фосфатов, нитритного и аммонийного азота обнаружено не было.

Содержание хлорофилла-а

Максимальная величина хлорофилла-а (2.66 мкг/л) была зафиксирована на северном полигоне (ст.3969) на глубине 20 м. На станции 3970 содержание хлорофилла-а не поднималось выше 0.20 мкг/л Минимальная концентрация, наблюдаемая на северном ледовом полигоне, была равна, 0.09 мкг/л. На всех станциях южного полигона содержание хлорофилла-а было минимальным (около 0.1 мкг/л на глубинах от 3 до 55 м), и только на поверхности увеличивалось, не превышая 0,34 мкг/л. При этом среднее значение и медиана хлорофилла-а в водах северного полигона в 5,8 раз и в 3,2 раза больше соответственно, чем в водах южного.

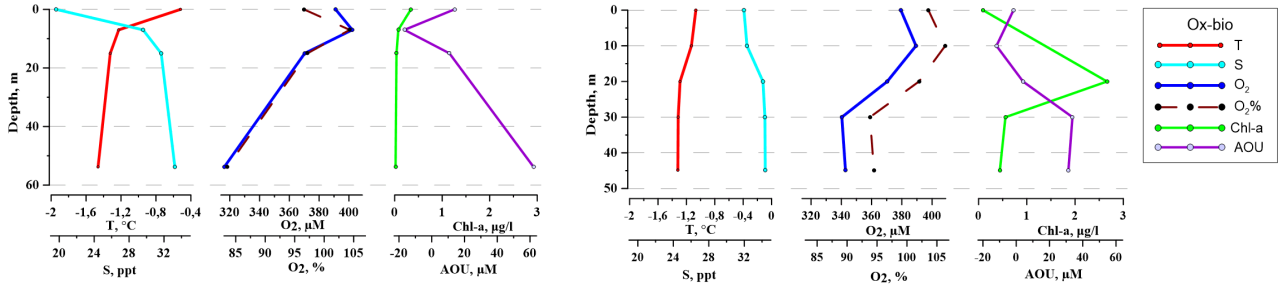


Рис. 5 Распределение хлорофилла-а на ст. 3965 (слева) и ст.3969 (справа)

Обсуждение и выводы

Согласно ряду работ, концентрации биогенных элементов, лимитирующие развитие фитопланктона, составляют 0.9, 0.5 и 2 μM для NO_3, PO_4 и Si соответственно [Демидов А. Б., 2018]. Тем не менее при сравнении южных и северных станций существенные различия в распределении биогенных элементов в водной толще замечены не были, за исключением поведения и величины кремния, а также средней величины нитратного азота. При этом низкое содержание фосфора, нитритов и нитратов на поверхности и увеличение их концентрации с глубиной может говорить о том, что при таянии льда эти биогенные элементы, привносятся не существенно, а их восполнение происходит в основном за счёт процессов рециклинга [Пивоваров С. В., 2000]. Стоит подчеркнуть, что таяние льдов, а именно поступление в систему кремния, на южном полигоне не принесло видимых изменений в содержании хлорофилла-а. Существенная концентрация хлорофилла-а была отмечена на станции 3969 на глубине 20 м. При этом на всех станциях, включая ст. 3969, на глубинах от нуля до 50 м содержание минерального фосфора было ниже лимитирующего. Вместе с этим максимальное значение хлорофилла-а было обнаружено в водах северного ледового полигона, где солёность поверхностного слоя незначительно отличалась от солености более глубоких вод, а минимальные значения зафиксированы на южном ледовом полигоне, где в большей степени происходит опреснение поверхностных вод моря при таянии льда. Такое обстоятельство дает основания предполагать, что при таянии льда могут меняться световые условия за счёт увеличения мутности, из чего следует, что в данном конкретном случае свет может выступить лимитирующим фактором, влияющим на содержание хлорофилла-а, а не биогенные элементы. Также не стоит забывать, что работы проводились в августе, когда пик "цветения" уже прошел. Подводя итоги, можно выделить следующие выводы:

1. Лед может являться существенным источником кремния в поверхностных водах Карского моря, что нельзя сказать про другие биогенные элементы;
2. Биогенные элементы в рассматриваемом в данной работе районе не проявили себя в качестве ключевого фактора, определяющего величину хлорофилла-а

Благодарности

Работа выполнена в рамках программы Плавучие университеты при поддержке Министерства науки и высшего образования, а также в рамках госзадания ИОРАН (тема № 0128–2021–0007), при поддержке РНФ (проект №19–17–00196).

Список литературы

Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового океана. Ред. Сапожников В. В. М.: Изд-во ВНИРО, 2003. 202 с.

Holm-Hansen O, Riemann B. Chlorophyll-a determination: improvements in methodology // Oikos. 1978. Vol. 30. pp. 438–447.

Демидов А. Б. Первичная продукция Карского моря: особенности формирования, оценка и долговременная изменчивость. Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук / Демидов Андрей Борисович; Институт океанологии им. П. П. Ширшова Российской академии наук. - Москва, 2018. - 366 с.

Пивоваров С. В. Химическая океанография арктических морей России / С. В. Пивоваров; Федер. целевая программа "Гос. поддержка интеграции высш. образования и фундам. науки на 1997–2000 гг.". СПб.: Гидрометеоиздат, 2000. 88 с.

УДК 349.6

ПРАВОВАЯ ОХРАНА МОРСКОЙ СРЕДЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В МЕСТАХ ОБИТАНИЯ МОРСКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

LEGAL PROTECTION OF THE MARINE ENVIRONMENT FROM POLLUTION IN MARINE MAMMAL HABITATS

Пономарев Михаил Вячеславович[1]

[1] *Институт законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве Российской Федерации*

Ponomarev Mikhail Vyacheslavovich

[1]*Institute of Legislation and Comparative Law under the Government of Russian Federation*

Введение.

Актуальность совершенствования правовой основы регулирования отношений в области сохранения морских млекопитающих и среды их обитания подчеркивается, прежде всего, особым вниманием к этим вопросам со стороны первых лиц государства. Так, Президент РФ В.В. Путин в рамках Перечня поручений по результатам проверки Генеральной прокуратурой РФ исполнения законодательства в сфере добычи, охраны и использования морских млекопитающих [1] поручил Правительству РФ проработать вопросы и при необходимости обеспечить внесение изменений в законодательство Российской Федерации в части определения особенностей добычи и использования морских млекопитающих, а также установления требований к содержанию добытых морских млекопитающих.

Год спустя после упомянутого выше поручения Президента РФ в рамках реформы контрольно-надзорной деятельности, получившей название «регуляторная гильотина» был признан утратившим силу приказ Минрыбхоза СССР от 30.06.1986 г. № 349 «Об утверждении Правил охраны и промысла морских млекопитающих» [2], что привело к отмене ключевых механизмов правовой охраны морских млекопитающих и среды их обитания (в частности, отмене зон их охраны), и к резкому ослаблению указанной деятельности в целом.

Действующее законодательство Российской Федерации о рыболовстве и о сохранении водных биологических ресурсов не содержит в настоящее время специальных правовых мер охраны морских млекопитающих, тогда как совершенно очевидно, что данные меры необходимы и назрели давно. В настоящее время Правительством РФ введение соответствующих мер готовится в рамках реализации ряда важных законопроектных инициатив.

На сегодняшний день подготовлены и проходят процедуры рассмотрения проект федерального закона № 1173188-7 «О внесении изменений в статью 15 Федерального закона "Об исключительной экономической зоне Российской Федерации" и статью 26 Федерального закона "О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» (в части регулирования рыболовства морских млекопитающих) [3], устанавливающий запрет на осуществление промышленного и прибрежного рыболовства в отношении китов, дельфинов

и морских свиней, а также проект федерального закона «Об установлении запрета на осуществление промышленного рыболовства китообразных и их вывоз за пределы территории Российской Федерации» [4], который устанавливает соответствующие запреты только в отношении китообразных.

Вместе с тем, предлагаемые указанными законопроектами правовые меры, на наш взгляд, не способны в полной мере обеспечить сохранение морских млекопитающих и среды их обитания. Требуется поддержание должного уровня правовой охраны морских районов, имеющих приоритетное значение для сохранения морских млекопитающих и среды их обитания, путем ограничения или запрета отдельных видов хозяйственной деятельности в них. Такие ограничения или запреты могут быть введены установлением специальных зон с особым правовым режимом в целях правовой охраны акваторий и прибрежных зон в границах указанных морских районов. Особенно это касается Арктических морских районов, поскольку именно они в основном являются средой обитания ряда важнейших и находящихся на грани исчезновения морских млекопитающих.

Действующее законодательство Российской Федерации устанавливает различные возможности обеспечения охраны морских районов, имеющих приоритетное значение для сохранения морских млекопитающих и среды их обитания, путем ограничения или запрета отдельных видов хозяйственной деятельности в данных морских районах. Такие ограничения или запреты могут быть введены установлением специальных зон с особым правовым режимом в целях правовой охраны акваторий и прибрежных зон в границах указанных морских районов.

В 2018 г. большинство разновидностей охранных зон, правовой режим которых обеспечивает охрану водных объектов, а также сохранение водных биологических ресурсов и среды их обитания, приобрели статус зон с особыми условиями использования территорий. Федеральным законом от 3 августа 2018 г. № 342-ФЗ «О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации» в Земельный кодекс Российской Федерации от 25 октября 2001 г. № 136-ФЗ (далее — ЗК РФ) была внесена глава XIX «Зоны с особыми условиями использования территорий». Положениями ст. 105 ЗК РФ к числу зон с особыми условиями использования территорий (далее — ЗОУИТ) были отнесены водоохранные (рыбоохранные) зоны, прибрежные защитные полосы, рыбоохранная зона озера Байкал, а также рыбохозяйственные заповедные зоны.

При этом все разновидности существующих зон, созданных в целях сохранения водных биологических ресурсов до дня вступления в силу ФЗ «О рыболовстве и о сохранении водных биологических ресурсов» (береговые охранные зоны, заповедные зоны, водоохранные зоны водных объектов рыбохозяйственного назначения и иные зоны с особыми условиями использования территорий), согласно положениям ст. 56 Федерального закона от 20.12.2004 г. № 166-ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» были признаны рыбоохранными зонами и рыбохозяйственными заповедными зонами в соответствии с Порядком, установленным приказом Минсельхоза России от 27 сентября 2017 г. № 487.

Таким образом, в настоящее время существует ряд видов ЗОУИТ, правовой режим которых позволяет в большей или меньшей мере обеспечить достижение целей обеспечения сохранения морских млекопитающих и среды их обитания. К ним, прежде всего, относятся

водоохранные зоны, рыбоохранные зоны, рыбохозяйственные заповедные зоны (далее – РХЗЗ).

Следует учитывать и то, что возможность введения ограничений для осуществления различных видов хозяйственной и иной деятельности, способных причинить вред морским млекопитающим и среде их обитания, предусмотрена не только путем установления различных видов охранных зон с учетом особенностей их правового режима, но и путем введения таких требований нормативными правовыми актами различных федеральных органов исполнительной власти.

Наиболее эффективным для достижения цели сохранения морских млекопитающих и среды их обитания, но достаточно сложным ввиду необходимости внесения системных изменений в законодательство, способом обеспечения необходимого режима правовой охраны акваторий морских районов, имеющих приоритетное значение для сохранения морских млекопитающих, и их прибрежных зон, является введение и законодательное закрепление специальных зон охраны морских млекопитающих (ЗОММ) и особенностей их правового режима.

Водоохранные зоны, исходя из особенностей своего правового режима, не способны в полной мере обеспечить достижения целей охраны именно акваторий морских районов, имеющих приоритетное значение для сохранения морских млекопитающих, поскольку обеспечивают охрану вод через ограничение хозяйственной и иной деятельности в пределах береговой полосы.

Применение механизма рыбоохранных зон для достижения целей охраны морских районов, имеющих особое значение для сохранения морских млекопитающих, представляется малоэффективным. Учитывая, что рыбоохранной зоной является территория, которая прилегает к акватории водного объекта рыбохозяйственного значения (п. 2 ст. 48), установление рыбоохранных зон для целей охраны морских районов, имеющих приоритетное значение для сохранения морских млекопитающих и среды их обитания, может не обеспечивать в полной мере полезный эффект от ограничения или запрета отдельных видов хозяйственной деятельности в данных морских районах, поскольку не все указанные морские районы могут иметь статус водных объектов рыбохозяйственного значения, а также установление рыбоохранной зоны не позволит ввести соответствующие ограничения для осуществления хозяйственной деятельности непосредственно в самой акватории (например, недропользование, судоходство и т. п.).

Рыбохозяйственные заповедные зоны (РХЗЗ) — один из видов зон с особыми условиями использования территорий, непосредственно предназначенных для обеспечения сохранения водных биологических ресурсов и среды их обитания. РХЗЗ могут быть признаны водные объекты рыбохозяйственного значения или их участки, имеющие важное значение для сохранения водных биологических ресурсов ценных видов (п. 1 ст. 49 Федерального закона «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов»).

Потенциал РХЗЗ в части возможностей ограничения отдельных видов хозяйственной деятельности и их негативного воздействия на морские районы, являющиеся средой обитания морских млекопитающих, еще практически не раскрыт. РХЗЗ впервые были введены Федеральным законом «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов», однако с момента его вступления в силу до настоящего времени пока не утверждено ни одной РХЗЗ.

Отсутствие реально существующих РХЗЗ, по оценкам экспертов и специалистов рыбохозяйственной отрасли, прежде всего, обусловлено, прежде всего, отсутствием типового образца паспорта РХЗЗ и регламента ее создания. Вместе с тем, указанный пробел был закрыт с принятием приказа Минсельхоза России от 21 февраля 2020 г. № 83 «Об утверждении критериев и порядка подготовки биологического обоснования создания рыбохозяйственной заповедной зоны, а также формы паспорта рыбохозяйственной заповедной зоны».

Особенности правового режима РХЗЗ, по нашему мнению, подходят для целей охраны морских районов, имеющих приоритетное значение для сохранения морских млекопитающих и среды их обитания, гораздо больше, нежели соответствующий правовой режим рыбоохранных зон, поскольку в состав РХЗЗ входит как прилегающая к водному объекту рыбохозяйственного значения территория, так и сам водный объект или его часть (участок), на которых устанавливается особый режим хозяйственной и иной деятельности в целях сохранения водных биоресурсов и создания условий для развития аквакультуры и рыболовства, при этом, что немаловажно, в РХЗЗ хозяйственная и иная деятельность может быть запрещена как полностью, так и частично либо как постоянно, так и временно (п. 2 и п. 3 ст. 49).

Вместе с тем, анализ подготовки и утверждения РХЗЗ позволяет судить о чрезмерной урегулированности и сложности процедуры их установления и изменения, что, несомненно создаст существенные трудности при их создании, и делает их, на наш взгляд, неприменимыми для целей обеспечения охраны морских участков, имеющих приоритетное значение для сохранения морских млекопитающих и среды их обитания [5, с. 88].

Применение такого правового такого механизма ограничения хозяйственной деятельности в отдельных морских районах, имеющих приоритетное значение для сохранения морских млекопитающих и среды их обитания, как установление временных ограничений или полного запрета на осуществление различных видов недропользования, в особенности, разведки и добычи полезных ископаемых, которое может быть осуществлено и без установления правового режима ЗОУИТ, а путем введения соответствующих ограничений нормативными актами федеральных органов исполнительной власти, на наш взгляд, не является эффективным для достижения целей охраны морских млекопитающих и среды их обитания.

Это, на наш взгляд, обусловлено тем, что в числе оснований для установления запретов или ограничений недропользования отсутствуют в настоящее время основания, связанные с обеспечением сохранения водных биологических ресурсов и среды их обитания (имеется лишь норма общего характера о том, что пользование отдельными участками недр может быть ограничено или запрещено в целях обеспечения национальной безопасности и охраны окружающей среды в ст. 8 Закона РФ «О недрах»), и закрепление соответствующих оснований потребует системных изменений в законодательные и иные нормативные правовые акты, регулирующих отношения в сфере недропользования. При этом ограничение и запрет только отдельных видов недропользования без одновременного введения запретов и ограничений на осуществление иных видов деятельности представляется малоэффективным по сравнению с установлением комплексных ограничений, вводимых различными видами ЗОУИТ.

Использование правового механизма запретных для плавания районов, устанавливаемых на основании решения Минтранса России, и временно опасных для

плавания районов, устанавливаемых на основании решения Минобороны России, представляется нам недостаточно эффективным. Объясняется это тем, что установление как одних, так и вторых возможно только во внутренних морских водах, территориальном море и прилежащей зоне Российской Федерации в соответствии с Федеральным законом «О внутренних морских водах, территориальном море и прилежащей зоне Российской Федерации».

Установление обоих правовых режимов предполагает более простой по сравнению с ЗОУИТ порядок – решением соответствующего федерального органа исполнительной власти (Минтранс России или Минобороны России), без необходимости проведения специальных комплексных научных исследований и подготовки сложных обоснований, согласования документов об установлении указанных районов с большим количеством иных федеральных органов исполнительной власти и органов исполнительной власти субъектов РФ.

Также следует отметить, что в перечне оснований для установления запретных для плавания районов имеются природоохранные цели и совокупность запретов и временных ограничений, которые предусматриваются при их установлении, в целом, позволяет решить поставленные задачи по сохранению морских млекопитающих и среды их обитания, однако, как уже отмечалось, они имеют весьма ограниченную сферу применения. Что же касается временно опасных для плавания районов, то их установление преследует совершенно иные цели, не связанные с охраной окружающей среды, водных биологических ресурсов, морских млекопитающих и среды их обитания, а связанные с необходимостью обеспечения обороны страны и безопасности государства.

Заключение

Проведенный анализ особенностей правового режима рассмотренных разновидностей ЗОУИТ и иных зон с ограничениями определенных видов хозяйственной деятельности позволяет сделать вывод о необходимости рассмотрения вопроса о внесении соответствующих изменений в законодательство, направленных на возврат упраздненных ранее в рамках «регуляторной гильотины» специальных зон охраны морских млекопитающих (ЗОММ). При этом необходимо отметить, что и действующий инструментарий территориальной охраны морских районов, являющихся средой обитания морских млекопитающих, находящихся под угрозой исчезновения, явно недооценен и может быть использован для указанных целей. В частности, следует совершенствовать механизм установления и применения достаточно гибкого по своей сути и подходящего для указанных целей механизма РХЗЗ, который в настоящее время практически не применяется. Упрощение достаточно сложного порядка их установления и применение в отношении мест обитания морских млекопитающих позволит обеспечить их эффективную охрану.

Список литературы:

1. Перечень поручений по вопросам законодательства в сфере добычи, охраны и использования морских млекопитающих, утв. Президентом РФ 20.02.2019 г. № Пр-235 // текст документа приведен в соответствии с публикацией на сайте http://www.kremlin.ru по состоянию на 27.02.2019 г.
2. Постановление Правительства РФ от 13.06.2020 г. № 857 «О признании не действующими на территории Российской Федерации актов и отдельных положений

актов, изданных центральными органами государственного управления РСФСР и СССР, а также об отмене акта федерального органа исполнительной власти Российской Федерации» // официальный интернет-портал правовой информации http://www.pravo.gov.ru от 17.06.2020 г.
3. Проект федерального закона № 1173188-7 «О внесении изменений в статью 15 Федерального закона "Об исключительной экономической зоне Российской Федерации" и статью 26 Федерального закона "О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» (в части регулирования рыболовства морских млекопитающих) // официальный интернет-сайт Системы обеспечения законодательной деятельности: https://sozd.duma.gov.ru/bill/1173188-7
4. Проект федерального закона «Об установлении запрета на осуществление промышленного рыболовства китообразных и их вывоз за пределы территории Российской Федерации» // http://base.garant.ru/56851925/
5. *Пономарев М.В.* Проблемы развития законодательства об охране морских млекопитающих и среды их обитания // Черные дыры в Российском законодательстве. 2021. № 2. С. 85-89.

УДК [332.122:504] (210.5::261.243)

АНАЛИЗ СОЦИО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА
ANALYSIS OF SOCIO-ECOLOGICAL PROBLEMS OF THE COASTAL ZONE OF THE EASTERN GULF OF FINLAND

Семеошенкова Вера Сергеевна
Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ)
Semeosheenkova Vera Sergeevna
Russian State Hydrometeoroloical University (RSHU)

Введение

Прибрежные зоны вносят значительный вклад в человеческое благосостояние, предоставляя множество различных ценных товаров и природных услуг. Прибрежные территории — сложные объекты, включающие географическую, экологическую, экономическую и социальную системы. В связи с развитием экономической деятельности в приморских регионах значительно возрастает значимость территорий побережья. В то же время прибрежные районы испытывают множественное давление от антропогенной деятельности, что отрицательно меняет природный статус прибрежных регионов и негативно воздействуют на здоровье и благосостояние человека. Привлекательность этих территорий, связанная с усилением хозяйственного освоения, вызывает необходимость комплексного изучения потенциальных возможностей природных комплексов береговых территорий для обеспечения их устойчивого развития.

На берегах восточной части Финского залива расположены города России такие, как: Санкт-Петербург, он включает Кронштадт, Сестрорецк, Зеленогорск, Ломоносов и Петергоф; Сосновый бор, Приморск, Выборг, Высоцк и Усть-Луга. Санкт-Петербург является одним из крупнейших городов на Балтийском море. Береговая зона, входящая в территорию Санкт-Петербурга, является зоной интенсивной эксплуатации природных ресурсов в интересах различных видов хозяйственной деятельности, включая морской транспорт, судостроение, жилищные и культурно-оздоровительные комплексы, систему водопользования и т.д. Увеличение уровня антропогенной нагрузки на экосистему Финского залива сочетается с неблагоприятным воздействием естественных факторов, например, климатических. Отмеченные обстоятельства обуславливают необходимость анализа социо-экологических проблем прибрежной зоны восточной части Финского залива (Санкт-Петербурга и Ленинградской области) с целью разработки управленческих решений, способствующих улучшению состояния эколого-социально-экономической системы прибрежной зоны в отношении устойчивости, экономической эффективности и социальной справедливости. Основной методологический подход DPSIR, который был применен в этом исследовании, заключается в определении ключевых данных устойчивого развития, сочетающих социальные, экономические и экологические аспекты, которые могут быть использованы для принятия управленческих решений.

Методология

Основной метод DPSIR (Driving forces – Pressure – State – Impact – Response (DPSIR) («Движущие факторы – нагрузки – состояние – воздействие – реакция»), используемый в этом исследовании, был адаптирован для прибрежной зоны и применен с использованием его

основных компонентов. Концепция DPSIR, принятая Европейским агентством по окружающей среде (EEA) в 1999 г, является инструментом адаптивного менеджмента и принятия управленческих решений, направленных на устойчивое развитие регионов. Данный метод был успешно применен ранее для оценки социо-экологических условий прибрежных областей в России и за рубежом [1,2].

Результаты

Результаты анализа социо-экологических проблем восточной части Финского залива, полученные путем применения DPSIR подхода, представлены в таблице (таблица 1). Было определено, что основными экономическими движущими факторами, способствующими загрязнению и ухудшению качества прибрежной зоны восточной части Финского залива, являются сельское хозяйство, промышленность (металлургическая, нефтегазодобывающая и др.), домашние хозяйства, деятельность портов и судоходство, строительство и городское развитие, туризм и рыболовство, а также ядерная энергетика. Связанная с ними антропогенная деятельность оказывает давления, включая насыщение воды биогенными элементами, токсичными веществами, загрязнение тяжелыми металлами, нефтяными углеводородами, мусором, нарушение баланса наносов и др. По мере увеличения давления антропогенной деятельности на морских побережьях растут и угрозы для «здоровья» экосистем. В последние годы отмечается значительное ухудшение состояния прибрежной зоны восточной части Финского залива: это ухудшение качества морских прибрежных вод, эвтрофикация, загрязнение прибрежных вод нефтепродуктами, загрязнение пластиковыми отходами, деградация и исчезновение пляжей и прибрежных дюн, сокращение биоразнообразия, усиление береговой эрозии и прочие. Отмечается, что скорость отступания отдельных участков береговой линии увеличивается на 2,0 м / год, достигая 5 м в одном экстремальном шторме [3], а пораженность берегов залива негативными процессами достигает (минимально) 25,16 %, максимально может достигать 72 % [4]. Все городские пляжи непригодны для купания, а в Ленинградской области Роспотребнадзор признал всего четыре водоема соответствующими санитарно-эпидемиологическим нормам в 2021г. Изменения в экосистеме и окружающей среде влияют на здоровье и благополучие человека через воздействия, которые связаны со снижением безопасности жизни человека, негативным влиянием на здоровье и появлением рисков заболеваний, сокращением количества и качества питьевой воды, снижением рекреационных и оздоровительных возможностей, а также снижением туристической привлекательности региона, потерей традиционных промыслов и потенциальной потерей рабочих мест и доходов. Возможные ответные решения включают эффективное управление морской деятельностью, реализацию комплексного подхода к системе берегозащитных сооружений, к выбору места строительства портов, комплексный анализ состояния прибрежных и водных экосистем Финского залива, ужесточение мер по охране прибрежной области, защиту и сохранение природных комплексных заказников, формирование политики открытости, экологическое образование и просвещение, развитие экотуризма, и др. В условиях интенсификации морской деятельности возрастает необходимость внедрения в практику морепользования инструментов морского пространственного планирования (МПП), которое позволило бы снизить угрозы пространственного и хозяйственного освоения акватории Финского залива, обеспечить долгосрочное и устойчивое использование морских и прибрежных ресурсов и достижение согласования интересов различных вовлеченных сторон [5]. Интересным представляется опыт международного проекта “Capacity4MSP” программы “Интеррег Балтийское море”, участником которого является и Россия. Основная задача

Российских партнеров проекта - разработка и продвижение Дорожной карты МПП в Российской Федерации.

Таблица 1. DPSIR метод применительно к оценке социо-экологических проблем прибрежной зоны восточной части Финского залива

Движущие факторы	Нагрузки	Состояние	Воздействие	Реакция
Сельское хозяйство; Промышленность; Домовладения	Насыщение воды биогенными элементами, ядовитыми химикатами, загрязнение тяжелыми металлами, нефтепродуктам, колиформными бактериями.	Эвтрофикация; Исчезновение или повреждение донной фауны; Изменение поведения видов рыб и гибель рыб; Наличие кишечных патогенов и показателей.	Ухудшение качества воды и потеря зон для купания; Снижение продовольственной безопасности из-за сокращения рыбных ресурсов; Ухудшение санитарно-эпидемиологической обстановки в рекреационных районах.	Восстановление заградительных полос для уменьшения стока питательных веществ и отложений; Улучшение методов ведения с/х; Повышение эффективности очистки сточных вод; Беспрерывный мониторинг качества морского побережья и воды.
Морские перевозки и деятельность портов	Нарушение гидрологического режима и циркуляции воды; Загрязнение тяжелыми металлами, мусором; Нефтяное и нефтехимическое загрязнение; Шумовое загрязнение.	Исчезновение и повреждение донной фауны; Береговая эрозия; Увеличение мутности; Нарушения нереста; Гибель рыбы, птиц, млекопитающих; Риск загрязнения прибрежных вод нефтепродуктами.	Ущерб для рыбного промысла и субъектов, связанных с курортным бизнесом; Ухудшение качества воды для купания; Негативное влияние на здоровье человека; Возможное снижение продовольственной безопасности.	Эффективное регулирование морской деятельности; Реализация интегрированного плана управления портом; Постоянный мониторинг качества морского побережья и воды; Интенсификация действий надзорных органов.
Строительство и градоустройство	Изъятие песка и гравия; Повреждение грунта, изменение гидрологического режима; Разрушение пляжей и дюн; Обезлесивани; Загрязнение водных объектов; Шумовая нагрузка; Разрушение естественного баланса между накоплением наносов и эрозией.	Сокращение биологического разнообразия; Эрозия береговой линии; Деградация и исчезновение пляжей и прибрежных дюн; Потеря мест обитания и нарушение биологического баланса; Ухудшение качества воды.	Угрозы для здоровья, связанные с ухудшением качества воды для купания и закрытием пляжа; Угроза здоровью из-за качества морепродуктов; Сокращение эффективной площади Невской губы и угроза наводнений в историческом центре Петербурга; Невозможность доступа к прибрежной зоне; Потеря зон для рекреации.	Регулирование разрастания городов и планирование; Организация публичных слушаний и информирование людей; Защита уник. культурного наследия (охрана, ограничение доступа); Экол. регулирование, мониторинг и контроль; Укрепление уже существующих портов, а не строительство однотипных; Комплексный подход к системе берегозащитных сооружений; Комплексный анализ состояния прибрежных и водных экосистем.
Рыболовство; Туризм и рекреация	Ущерб от тралення дна; Загрязнение мусором воды и пляжа; Сброс несгоревшего топлива в воду на водных скутерах и личных водных судах; Шумовое загрязнение; Увеличивающаяся рекреационная	Сокращение запасов ценных промысловых видов (сига, лосося, кумжи,срытии);Снижение уровня естественного биологического самоочищения вод;Уничтожение донных микроорганизмов; Заражение воды бактериями; Разрушение пляжей и дюн, лесопарковой зоны прибрежья; Ги-	Ухудшение качества питьевой воды и потеря зон для купания и рекреации; Негативное влияние на здоровье человека (возможность отравления, аллергических реакций); Сокращение оздоровительных возможностей прибрежной зоны; Снижение эстетического качества; Снижение	Контроль над промысловой деятельностью и перевыловом; Создание системы реабилитации прибрежных биоценозов; Увеличение площади запретных для тралового промысла прибрежных участков; Интегральный подход к управлению; Внедрение МПП, Экологическое просвещение и формирование экологической культуры населения;

	нагрузка; Вытаптывание растительности за счет прохода на пляж через прибрежные дюны и рекреации на них; Компрессия почвы от автотранспорта.	бель рыбы, птиц, млекопитающих в орудиях лова; Изменение мест обитания; Снижение гнездования птиц; Высокий фактор беспокойства для колоний птиц, нерпы; от лесных пожаров погибает множество животных.	привлекательности в качестве туристического направления; Потеря работы и дохода; Экономические потери туристического бизнеса; Потеря традиционных промыслов.	Продвижение экотуризма; Улучшение очистки пляжа и системы утилизации отходов (раздельный сбор); Запрещенные зоны для занятий водными видами спорта (водные скутеры, личные водные виды спорта); Ограничение рекреации в определенных зонах.
Ядерная энергетика	Тепловое воздействие на акватории; Водозабор (200 м^3 воды ежедневно из Финского залива для охлаждения); Загрязнение отходами производства (около 70% тепловой энергии).	Тепловое загрязнение; Гибель организмов в результате повышения температуры и затягивания гидробионтов в водозаборные устройства; Подрыв воспроизводства рыб; Развитие синезеленых водорослей, выделяющих токсины и подавляющих развитие других обитателей моря.	Снижение продовольственной безопасности из-за сокращения ресурсов; Теоретическая опасность радиоактивного заражения; Риск техногенных аварий, потеря жизни и трудоспособности людей; Негативное воздействие на здоровье человека, рост заболеваемости жителей.	Следование принципам и задачам радиационной безопасности; Установка предохранительных решеток, фильтров; Утилизация избыточного тепла; Проведение независимого экологического контроля в районе станции; Мониторинг и комплексный анализ состояния прибрежных и водных экосистем Финского залива.

Заключение

Результаты данного исследования могут служить основой для выработки надлежащих законодательных и управленческих решений, включающих разработку комплексного совместного плана развития, а также быть учтены при разработке дорожной карты МПП в Российской Федерации. Примененный подход может быть использован для дальнейшей разработки индикаторов устойчивого развития и определения приоритетов управления.

Литература

1. Семеошенкова, В. С., Плинк, Н.Л., Ньютон, Э. Применение комбинированного DPSIR и SAF подхода для адаптивного управления прибрежной эрозией (на примере пляжей в Монте Эрмосо и Пеуэн ко (Аргентина)) / Морские исследования и образование (MARESEDU-2018) : Труды VII Международной научно-практической конференции, Москва, 19–22 ноября 2018 года. – Москва: ООО "ПолиПРЕСС", 2019. – С. 63-71.

2. Семеошенкова, В. С. Применение DPSIR подхода для анализа социо-экологических проблем прибрежной зоны Краснодарского края/Гидрометеорология и экология:достижения и перспективы развития: труды III Всероссийской конференции, Санкт-Петербург, 16–17 декабря 2019 года.: Химиздат, 2019. – С. 784-789.

3. Ryabchuk,D., et al., 2020. Coastal processes of the Russian Baltic (eastern Gulf of Finland and Kaliningrad area). Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 54 (1), 2020-036.

4. Серебрицкий, И. О проявлении опасных геологических процессов в береговой зоне Финского залива и водотоков Санкт- Петербурга / И. Серебрицкий, И. Силина // Инженерная защита. – 2015. – № 5(10). – С. 18-21.

5. Плинк Н.Л.. Место морского пространственного планирования в системе управления морепользованием. Сборник тезисов Конференции «Современные проблемы гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды на пространстве СНГ». –СПб.: РГГМУ, 2020., с.80-81.

УДК 551.577

ПОТОКИ РАССЕЯННОГО ОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ИЗ АТМОСФЕРЫ В СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ ВОДОСБОРНЫХ БАССЕЙНОВ БЕЛОГО И КАРСКОГО МОРЕЙ

FLUXES OF DISPERSED SEDIMENTARY MATERIAL FROM THE ATMOSPHERE TO THE SNOW COVER OF THE DRAINAGE BASINS OF THE WHITE AND KARA SEAS

Шевченко Владимир Петрович[1], Стародымова Дина Петровна[1], Булохов Антон Васильевич[1], Воробьев Сергей Николаевич[2], Котова Екатерина Ильинична[1], Крицков Иван Викторович[2], Лим Артём Георгиевич[2], Лохов Алексей Сергеевич[1], Новигатский Александр Николаевич[1], Яковлев Александр Евгеньевич[1], Покровский Олег Сергеевич[3,2,4]

[1]Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, Москва

[2]Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск

[3]Geosciences and Environment Toulouse, UMR5563, Тулуза, Франция

[4]Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова УрО РАН, Архангельск

Shevchenko Vladimir Petrovich[1], Starodymova Dina Petrovna[1], Bulokhov Anton Vasilievich[1], Vorobiev Sergey Nikolaevich[2], Kotova Ekaterina Il'inichna[1], Krickov Ivan Viktorovich[2], Lim Artyom Georgievich[2], Lokhov Alexey Sergeevich[1], Novigatsky Alexander Nikolaevich[1], Yakovlev Alexander Evgen'evich[1], Pokrovsky Oleg Sergeevich[3,2,4]

[1]Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow

[2]National Research Tomsk State University, Tomsk

[3]Geosciences and Environment Toulouse, UMR5563, Toulouse, France

[4]N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk

Введение

Рассеянный осадочный материал (нерастворимые микрочастицы), поступая из атмосферы в снежный покров, накапливается в этом природном архиве [Бояркина и др., 1993; Callaghan et al., 2011; Таловская и др., 2014; Василевич и др., 2015; Голохваст и др., 2015]. В зимний период, когда влияние местных источников рассеянного осадочного вещества ослаблено, в приземном слое атмосферы возрастает роль дальнего воздушного переноса вещества [Шевченко, 2000; Лисицын, 2011; Zhang et al., 2015]. Отбор проб в конце зимнего сезона дает возможность оценить величину потока на поверхность земли за весь период снегозалегания [Василенко и др., 1985].

Целью наших исследований являлось сравнительное изучение потоков рассеянного осадочного материала (нерастворимых микрочастиц) из атмосферы в снежный покров водосборных бассейнов Белого и Карского морей.

Материалы и методы

Рассеянное осадочное вещество в снежном покрове водосборного бассейна Белого моря изучали в рамках проекта «Система Белого моря» (руководитель – академик А.П. Лисицын) с 2001 г.; эти исследования продолжаются по настоящее время [Шевченко и др., 2012, Стародымова и др., 2018]. Основные районы отбора проб снега в водосборе Белого моря

показаны на рис. 1. С 2014 г. авторы доклада изучают рассеянное осадочное вещество в снежном покрове бассейна р. Оби (водосбор Карского моря) [Шевченко и др., 2015; Shevchenko et al., 2020]. Положение точек отбора проб снега в феврале 2020 г. показано на рис. 2.

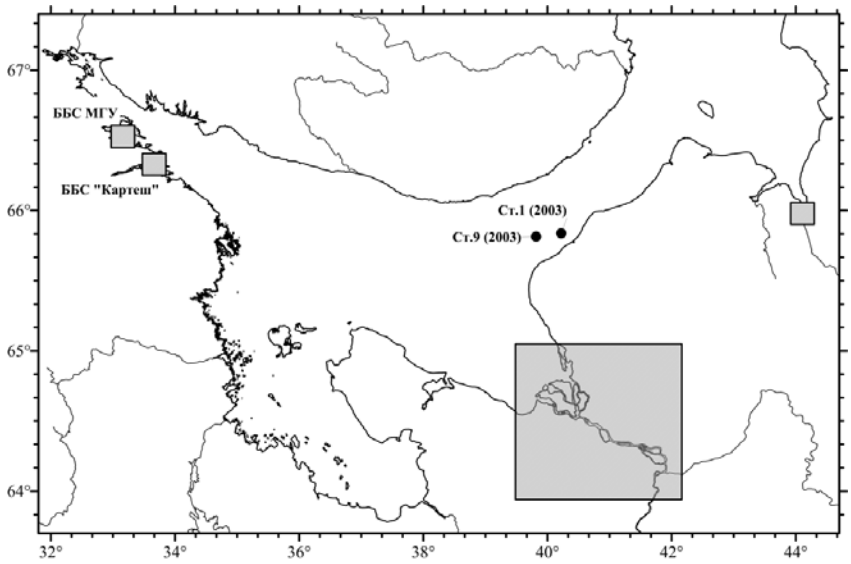


Рис. 1. Основные районы изучения рассеянного осадочного материала в снежном покрове водосбора Белого моря [Шевченко и др., 2012]

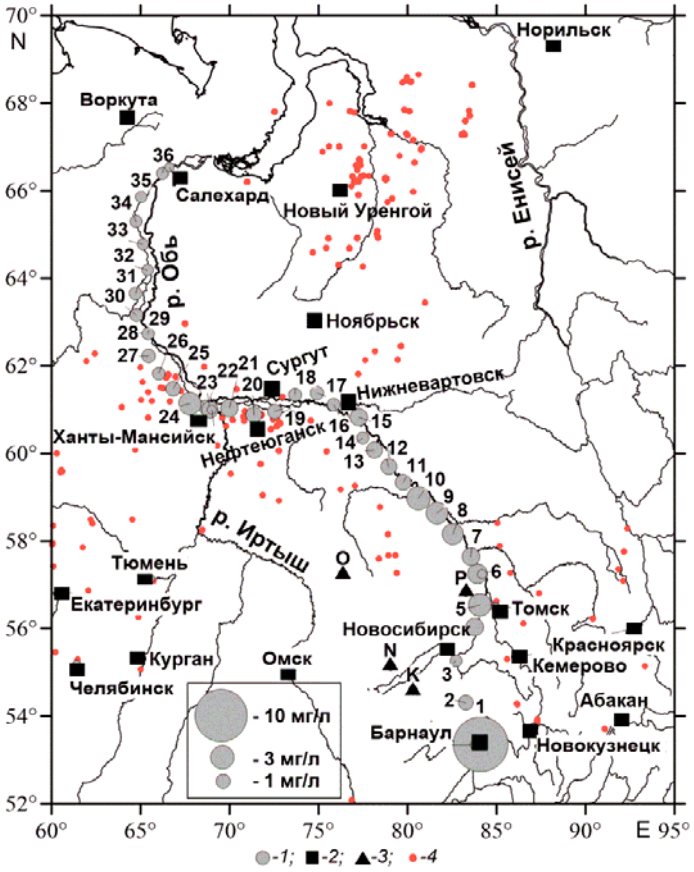


Рис. 2. Исследованная в феврале 2020 г. территория [Shevchenko et al., 2020]: 1 – положение точек отбора проб (размеры кружков отражают концентрации взвешенных частиц); 2 – крупные города; 3 – участки исследований снежного покрова в [Ермолов и др., 2020]; 4 – позиции сжигания попутного газа взяты с https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/download

В лаборатории снег растапливают при комнатной температуре в пластиковых ведрах, закрытых крышками, и фильтруют через предварительно взвешенные лавсановые ядерные фильтры (Дубна) диаметром 47 мм с диаметром пор 0,45 мкм. После окончания фильтрации фильтры перекладывают в чистые пластиковые чашки Петри диаметром 60 мм, высушивают при температуре 55–60ºС, повторно взвешивают и рассчитывают концентрацию нерастворимых частиц.

Результаты и их обсуждение

Среднее значение концентрации нерастворимых частиц (рассеянного осадочного вещества) в фоновых районах водосбора Белого моря составляет 1,28 мг/л (n = 43 пробы, стандартное отклонение равно 0, 95 мг/л). Принимая максимальный снегозапас на водосборе Белого моря равным 140 мм слою талой воды и среднюю продолжительность устойчивого снежного покрова равной 150 суток [Атлас …, 1997], получаем среднее значение потока нерастворимых частиц равным 1,19 мг $м^{-2}$ $сут^{-1}$ [Шевченко и др., 2012].

Рассчитанные по нашим данным [Shevchenko et al., 2020] потоки рассеянного осадочного материала из атмосферы в снежный покров фоновых районов водосборного бассейна Оби в феврале 2020 г. варьировали от 0,66 до 1,50 мг $м^{-2}$ $сут^{-1}$, составляя в среднем 1,05 при стандартном отклонении 0,2 мг $м^{-2}$ $сут^{-1}$ (N=34 точки измерений). Эти значения являются очень низкими по сравнению со многими районами, например, фоновыми районами Омской и Новосибирской областей [Литау и др., 2015; Ермолов, Смоленцев, 2020], Томской областью [Язиков и др., 2010], г. Тобольском [Московченко и др., 2021], и сопоставимы с потоками нерастворимых частиц в снежный покров фоновых районов Арктики [Шевченко и др., 2007].

Заключение

В фоновых районах водосборных бассейнов Белого и Карского морей потоки нерастворимых микрочастиц (рассеянного осадочного материала) из атмосферы в снежный покров находятся на сравнительно низком уровне, характерном для фоновых районов Арктики. Их значения возрастают вблизи крупных городов, транспортных магистралей и районов активной добычи углеводородов и сжигания попутного газа.

Исследования выполняли при поддержке РФФИ (грант № 19-05-00938-а при работе в водосборе Белого моря и грант № 19-05-50096 МИКРОМИР при работе в водосборе Карского моря).

Благодарности

Авторы благодарят Белорукова С.К. и Сорочинского А.В. за помощь в полевых работах.

Список литературы

Атлас снежно-ледовых ресурсов мира. В.М. Котляков – редактор. М: Институт географии РАН, 1997. – 392 с.

Бояркина А.П., Байковский В.В., Васильев Н.В. и др. Аэрозоли в природных планшетах Сибири. Томск: Изд-во ТГУ, 1993. – 157 с.

Василевич М.И., Безносиков В.А., Кондратёнок Б.М. Накопление растворимых и малорастворимых форм металлов в снежном покрове таёжной зоны Европейского Северо-

Востока России // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2015. – № 2. – С. 111–118.

Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 181 с.

Голохваст К.С., Ефимова Н.В., Елфимова Т.А. и др. Атмосферная взвесь небольшого арктического города (на примере Салехарда и Лабытнанги) // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. – 2015. – № 58. – С. 71–76.

Ермолов Ю.В., Смоленцев Н.Б. Зимний фоновый сток примесей атмосферы на юго-востоке Западной Сибири // Оптика атмосферы и океана. – 2020. – 33. – № 1. – С. 75–81.

Лисицын А.П. Аридная седиментация в Мировом океане. Рассеянное осадочное вещество атмосферы // Геология и геофизика. – 2011. – Т. 52. – № 10. – С. 1398–1439.

Литау В.В., Таловская А.В., Язиков Е.Г. и др. Оценка пылевого загрязнения г. Омска по данным снеговой съёмки // Оптика атмосферы и океана. – 2015. – Т. 28. – № 3. – С. 256–259.

Московченко Д.В., Пожитков Р.Ю., Соромотин А.В. Геохимическая характеристика снежного покрова г. Тобольск // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332. – № 5. – С. 156–169.

Стародымова Д.П., Шевченко В.П., Белоруков С.К. и др. Геохимия рассеянного осадочного вещества снега в Приморском районе Архангельской области // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 2. – С. 140–145.

Таловская А.В., Симоненков Д.В., Филимоненко Е.А. и др. Исследование состава пылевого аэрозоля на фоновой и городской станциях наблюдения в Томском регионе зимой 2012/13 г. // Оптика атмосферы и океана. – 2014. – Т. 27. – № 11. – С. 999–1005.

Шевченко В.П. Аэрозоли – влияние на осадконакопление и условия среды в Арктике. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. М.: Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 2000. 213 с.

Шевченко В.П., Алиев Р.А., Бобров В.А. и др. Эоловый материал в природных архивах // Система Белого моря. Т. II. Водная толща и взаимодействующие с ней атмосфера, криосфера, речной сток и биосфера. М.: Научный мир, 2012. – С. 70–107.

Шевченко В.П., Воробьев С.Н., Кирпотин С.Н. и др. Исследование нерастворимых частиц в снежном покрове Западной Сибири на профиле от Томска до эстуария Оби // Оптика атмосферы и океана. – 2015. – Т. 28. – № 6. – С. 499–504.

Шевченко В.П., Лисицын А.П., Штайн Р. (Stein R.) и др. Распределение и состав нерастворимых частиц в снеге Арктики // Проблемы Арктики и Антарктики. – № 75. Санкт-Петербург: ААНИИ, 2007. – С. 106–118.

Язиков Е.Г., Таловская А.В., Жорняк Л.В. Оценка эколого-геохимического состояния г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей и почв. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 264 с.

Callaghan T.V., Johansson M., Brown R.D. et al. Changing snow cover and its impacts // Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic (SWIPA): Climate Change and the Cryosphere. Oslo: Arctic Monitoring and Assessment Programme, 2011. – P. 4.1–4.58.

Shevchenko V.P., Vorobyev S.N., Krickov I.V. et al. Study of insoluble particles in the Ob River catchment (Western Siberia) snowpack along 2800 km submeridional profile // Atmosphere. – 2020. – V. 11. – Article 1184; doi:10.3390/atmos11111184.

Zhang Y., Mahowald N., Scanza R. A. et al. Modeling the global emission, transport and deposition of trace elements associated with mineral dust // Biogeosciences. 2015. V. 12. P. 5771–5792.

УДК 574.5, 57.04

ЭКОСИСТЕМЫ МАКРОФИТНЫХ ЗАРОСЛЕЙ НЕВСКОЙ ГУБЫ В УСЛОВИЯХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ

ECOSYSTEMS OF MACROPHYTE THICKETS IN THE NEVA BAY UNDER HYDRAULIC WORKS IMPACT

Жигульский Владимир Александрович[1], Шуйский Владимир Феликсович[1], Чебыкина Екатерина Юрьевна[1], Фёдоров Владимир Аркадьевич[2], Паничев Виталий Валентинович[1], Успенский Антон Александрович[3]

Zhigulsky Vladimir[1], Shuisky Vladimir[1], Chebykina Ekaterina[1], Fedorov Vladimir[2], Panichev Vitaly[1], Uspenskiy Anton[3]

[1]ООО «Эко-Экспресс-Сервис», Санкт-Петербург
[2]СПбГУ, Санкт-Петербург
[3]ФГБНУ «ВНИРО», Санкт-Петербург

[1]"Eco-Express-Service" LLC, St. Petersburg
[2]Saint-Petersburg State University, St. Petersburg
[3]National Research Institute of Lake and River Fisheries, St. Petersburg

Введение

Заросли макрофитов в прибрежье Невской губы (традиционно, хотя и не совсем точно называемые «плавнями») играет важную и многоплановую роль: укрепляют берег, очищают воду, формируют особые экосистемы с высоким видовым разнообразием. У фитофильных видов рыб здесь происходит нерест и подрастает и молодь. В невских плавнях обитают, гнездуются или формируют миграционные стоянки многие водоплавающие и околоводные птицы. Неслучайно к зарослям высшей водной растительности Невской губы примыкает так много прибрежных особо охраняемых природных территорий (ООПТ), основная задача которых – охрана перелетных птиц. В то же время, береговая линия Невской губы (в том числе её зарослевые участки) представляет особый хозяйственный интерес и привлекательность для многоцелевого использования при развитии г. Санкт-Петербурга. Таким образом, очень важно обеспечить оптимальную стратегию сочетания хозяйственного использования и охраны невских плавней.

Прежде всего, для этого необходимо адекватно оценить их современное состояние и тенденции изменений. В последние десятилетия в Невской губе активно ведутся разнообразные работы по сооружению и эксплуатации гидротехнических сооружений (ГТС). Созданы Комплекс защитных сооружений г. Санкт-Петербурга от наводнений (КЗС), новые портовые комплексы, множество искусственных земельных участков, подходные каналы. Эти гидротехнические работы в той или иной степени негативно влияют на морскую среду и, в том числе, на состояние плавней: некоторые их участки уничтожаются или деградируют. Но наряду с этим создание некоторых ГТС также и стимулирует развитие плавней, создавая годные им субстраты и гидрологические условия. Так, например, активному разрастанию зарослей макрофитов способствовало создание КЗС. Таким образом, система строящихся и действующих ГТС Невской губы и окрестной морской акватории влияет на плавни неоднозначно: может ингибировать их, стимулировать или сочетать оба эффекта. Баланс этих процессов не изучался.

Эколого-проектная компания «Эко-Экспресс-Сервис» с участием специалистов из ведущих научных организаций Санкт-Петербурга разработала и, начиная с 2016г., координирует и осуществляет комплексную научно-исследовательскую программу «Плавни Невской губы». Цель программы – выяснение закономерностей качественных и

количественных изменений плавней в системе создаваемых и действующих ГТС Невской губы и окрестной акватории.

В перспективе к долгосрочным задачам программы относятся: оценка баланса динамики зарослевых экосистем Невской губы; определение необходимости и мер по их восстановлению; подготовка предложений по соответствующей корректировке нормативной природоохранной базы.

Данные и методы

Для комплексных экологических наблюдений выбирались эталонные участки макрофитных зарослей, отвечающие всем теоретически возможным сочетаниям основных градаций значений трёх основных факторов: возраст зарослей, степень воздействия гидротехнических работ (ГТР) и положение относительно КЗС.

По возрасту заросли подразделены на 3 градации: возникшие до строительства КЗС ("старовозрастные"), в ходе строительства (с 1979 до 2011 гг.) ("средневозрастные") и после завершения строительства КЗС ("новые", или "молодые").

По уровню воздействия ГТР и их последствий также берутся три градации: воздействие "сильное" (прямое влияние ведущихся ГТР или их существенного последействия); «умеренное» (менее выраженное, но всё же значимое); "фоновое" (достоверно не отличимое от общего фонового уровня антропогенной нагрузки на морскую среду).

Сочетания указанных градаций теоретически позволяют различать 9 комбинаций. При выборе сети эталонных участков поиск таких девяти гипотетических комбинаций вёлся как в непосредственной близости от КЗС, так и на удалении от него (следовательно, всего 18 искомых сочетаний положения относительно КЗС, возраста растительности и воздействия ГТР). Оказалось, однако, что в Невской губе существуют лишь 14 из них. Ещё два дополнительных (внесистемных) участка были выбраны в зарослях с наивысшим разнообразием биоты. Итого система регулярных наблюдений включила 16 эталонных участков, каждый площадью около 1 км^2.

Наблюдения на эталонных участках ведутся ежегодно с августа 2016 г. Комплексный экологический мониторинг выделенных эталонных участков ведется по единой программе (включающей все ключевые характеристики плавней, определяющие степень их ценности: гидролого-гидрохимические, фитоценологические, орнитологические, ихтиологические, гидробиологические и т.д.) 3 раза в год. Количественный учёт плавней разного возраста и состава ведётся также с применением квадрокоптера: определяется площадь растительности и её основных составляющих для участков и для представляемых ими растительных массивов, причём отслеживаются сезонные изменения этих показателей на общей площади более 35 км^2.

Результаты

Результаты наблюдений представляются выборочно, в связи с их значительным объёмом и разнообразием, не завершённой ещё обработкой данных по некоторым компонентам морской среды, а также кратким форматом сообщения.

Растительность эталонных участков

● «Старовозрастные» заросли макрофитов:

– Обладают чётко выраженной зональностью, формируются одноярусными и многоярусными группировками макрофитов с преобладанием 2-3-ярусных зон зарастаний. Как правило, плотны и стабильны, поскольку уже освоили всю пригодную им область биотопа.

– Характеризуются наибольшим проективным покрытием поверхностей воды ($ОПП_в$) (вдали от КЗС – до 71%, у КЗС – до 66%). При этом вдали от КЗС погружённая растительность в основном приурочена к растительности полупогружённой и с плавающими листьями, дополнительной же площади занимает немного. Однако возле КЗС проективное покрытие площади дна ($ОПП_д$) дополняется за счёт погружённой растительности существенно и местами приближается к 100%. При этом дополнительное покрытие дна одной лишь погруженной растительностью ($ОПП_{доп}=ОПП_д–ОПП_в$) вдали от КЗС – максимум до 25%, у

КЗС – до 33%. Имеют наиболее стабильные площади проективного покрытия – как $ОПП_в$, так и $ОПП_д$: относительные диапазоны временных изменений обоих показателей за период наблюдений минимальны.

– Демонстрируют неожиданно высокую устойчивость к техногенному воздействию: $ОПП_в$ и $ОПП_д$ слабо реагируют на него, за исключением ситуаций прямого механического уничтожения.

● «Средневозрастные» заросли:

– Являются многолетними равновесно-сменными сообществами макрофитов с преобладанием простых 1-2-ярусных группировок. Сравнительно менее плотны, испещрены лакунами, имеют сложную, развитую конфигурацию внешних границ, продолжают постепенно расширяться и уплотняться.

– По величине проективного покрытия при несущественном («фоновом») уровне техногенного воздействия сопоставимы со «старовозрастными» ($ОПП_в$ до 65%), однако при «умеренном» и «сильном» воздействии заметно уступают «старым» (вдали от КЗС $ОПП_в$ не более 31%). Погружённая растительность распространяется гораздо обширнее, чем растительность полупогружённая и с плавающими листьями, и занимает большую дополнительную площадь, чем у «старовозрастных» – соответственно, и её $ОПП_в$ и $ОПП_д$ отличаются более существенно. Дополнительное покрытие дна одной лишь погруженной растительностью ($ОПП_{доп}$) вдали от КЗС – до +16%, а у КЗС – местами до 73%. Временная (сезонная и межгодовая) вариабельность площади проективного покрытия значительно выше, чем у «старовозрастных» зарослей.

– Устойчивость к опосредованному (не связанному с прямым механическим уничтожением) техногенному воздействию у $ОПП_в$ и $ОПП_д$ здесь также весьма велика.

● «Молодые» заросли:

– Многолетние пионерные сообщества макрофитов с преобладанием простых одноярусных группировок, занимают малую долю подходящих им биотопов и потому наиболее активно и быстро разрастаются, структурно усложняются и уплотняются.

– Отличаются наименьшим проективным покрытием – как доминантами (набор которых здесь скуден), так и общим. $ОПП_в$ минимально – вдали от КЗС оно варьирует от 2 до 12%, у КЗС – от 2 до 25%. Распространение погружённой растительности здесь значительно превышает таковое растительности полупогруженной ($ОПП_д$ превышает $ОПП_в$ в 1,5-4 раза вдали от КЗС и в 2-7 раз возле КЗС). Дополнительное покрытие дна одной лишь погруженной растительностью ($ОПП_{доп}$) вдали от КЗС местами достигает +29%, у КЗС – до +23%. Временная вариабельность проективного покрытия у «новой» растительности максимальна (размах колебаний $ОПП_д$ равен или превышает средние значения).

– Негативная реакция на опосредованное воздействие ГТР минимальна. Более того, для $ОПП_д$ «молодой» растительности свойственна даже слабо выраженная прямая зависимость от уровня последействия ГТР.

В целом проективное покрытие воды растительностью ($ОПП_в$) находится в достаточно чёткой прямой зависимости от возраста зарослей. Дополнительное проективное покрытие погруженной растительностью площади дна демонстрирует обратную зависимость от возраста зарослей и прямую – от близости к КЗС.

Ранняя молодь рыб

Выявлены, картированы и изучены наиболее продуктивные нерестилища фитофильных видов в районе Стрельны, Знаменки, Петродворца, Лимузи, в устьевой части бухты у станции Горская и на о-ве Котлин, заросли на северо-западном побережье о-ва Котлин и в районе 1-го Северного Форта, а также участок зарослевого примыкающего водоема в Александровской бухте. Установлено, что распределение относительной численности ранней молоди в пределах участков зарослей и между разнотипными массивами определяется преимущественно типом донных осадков, наличием в растительном комплексе кубышки, телореза и нитчатых водорослей, возрастом и величиной проективного покрытия зарослей, а также расположением участков относительно степени воздействия гидротехнических работ.

Для нереста фитофильных видов рыб наиболее привлекательны «старые» и «средневозрастные» заросли макрофитов. В «средневозрастных» доступнее внутренняя часть растительного массива, больше общая нерестовая поверхность зарослей, эффективнее убежища для молоди. В более плотных «старых» зарослях для нереста используется лишь их периферийная зона. «Молодые» разреженные заросли в большей мере используются для нагула молоди рыб, а для нереста пока малопригодны.

Орнитофауна

Изучено использование макрофитных зарослей водоплавающими и околоводными птицами при сезонных миграциях и гнездовании. К сожалению, в силу антропогенной трансформации акватории и побережий Невской губы она постепенно теряет свое значение в качестве места одной из важнейших миграционных стоянок водоплавающих и околоводных птиц на Беломоро-Балтийском пролетном пути. Численность птиц весной здесь постепенно продолжает снижаться. Осенью же в последние десятилетия она и не была высокой. Однако весенние стоянки по-прежнему имеют важное значение для птиц, совершающих миграцию в таежные и арктические районы России. Они остаются более многочисленными и богатыми в видовом отношении по сравнению с осенними. Летом невские плавни остаются важнейшим местом гнездования многих видов околоводных птиц, в том числе охраняемых.

Как в период гнездования, так и во время сезонных миграций «старовозрастные» участки плавней наиболее привлекательны для птиц. Однако заросли «среднего» возраста также использовались водно-болотными птицами, а по ряду показателей вполне сопоставимы со «старыми». Их преимущество – меньшая плотность и наличие в них лакун с открытой водой, что облегчает птицам взлёт и посадку, плавание, добывание пищи. «Молодые», недавно возникшие заросли, почти не привлекали водоплавающих птиц.

Заключение

Заросли, возникшие во время строительства КЗС, по основным экологическим функциям уже мало уступают более старым зарослям, а по некоторым даже лидируют. Экологическая роль новых зарослей, возникших после создания КЗС, пока менее существенна, но у них большой потенциал.

Наряду с новыми научными знаниями, выполнение программы «Плавни Невской губы» даёт и прикладные результаты. Так, создана и зарегистрирована в Роспатенте база данных об экосистемах плавней. Отработана эффективная схема комплексного экологического мониторинга плавней Невской губы в условиях техногенного воздействия. Ведётся ревизия нормативной базы, регулирующей охрану и экологически безопасное использование плавней, и разрабатываются меры её улучшения.

Подробно результаты первого этапа реализации программы представлены в монографии «Плавни Невской губы. Научно-исследовательская программа. Итоги I этапа», изданной в 2020 г. (DOI: 10.25990/ecoexp.hgvg-pz65).

Наконец, создан важный прецедент инициативной разработки и выполнения крупной научно-исследовательской экологической программы негосударственной компанией в союзе со специалистами из профильных государственных организаций.

УДК 504.054 (265.54)

МЕЖДУНАРОДНАЯ СЪЕМКА МИКРОПЛАСТИКА В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ В 2021 ГОДУ: ПЕРВЫЙ ОПЫТ КРУПНОМАСШТАБНОЙ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ

INTERNATIONAL SURVEY OF MICROPLASTICS IN THE BARENTS SEA 2021: THE FIRST EXPERIENCE OF LARGE-SCALE QUANTITATIVE ASSESSMENT

Педченко Андрей Петрович[1], Анциферов Михаил Юрьевич[2], Губанищев Максим Александрович[2], Двинин Михаил Юрьевич[2]

[1] Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО»), Москва, В. Красносельская, 17

[2] Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» (ПИНРО), Мурманск, Книповича, 6

Andrey Pedchenko[1], Mikhail Antsiferov[2], Maxim Gubanishchev[2], Mikhail Dvinin[2]

[1] Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO), 17 V. Krasnoselskaya, Moscow

[2] Polar branch of VNIRO (PINRO), 6, Knipovich, Murmansk

Введение

Баренцево море является важным промысловым районом России и Норвегии. Благоприятные условия для промысла донных и пелагических рыб обусловленны взаимодействием между атлантическими, прибрежными и арктическими водами. Баренцево море классифицируется как район Мирового океана с низким уровнем загрязнения окружающей среды, в котором показатели стойких органических загрязнителей были стабильными или снижались в последние два десятилетия [ICES, 2017].

Однако, в ряде публикаций [van Sebille et al., 2012; Cózar et al., 2017; Зайков, Соболев, 2021; Novicov et al., 2021] отмечалось, что Баренцево море может быть одним из районов накопления морского мусора и микропластика.

Результаты математического моделирования [Barnes et al., 2009] показали, что пластик, как и другой плавающий морской мусор, может переноситься течениями вдоль побережья и выноситься в открытое море. Моделирование циркуляции и переноса пассивных частиц [Аверкиев, 2013] установило, что в верхнем слое Баренцева и Норвежского морей дрейфовая компонента скорости течения осуществляет характерный для конкретного года перенос частиц и их распределение, а геострофическая компонента осуществляет общий перенос таковых, близкий к среднему многолетнему.

Важно отметить, что различные методы оценки распределения морского мусора и микропластика на поверхности морей демонстрируют сложность расчета их плотностей для больших площадей, поскольку каждый из них содержит ряд неопределенностей, например, способы отбора проб, размеры сетки, сетного полотна, фильтров, дистанции и скорости тралений, ведение визуальных наблюдений, видеорегистрации.

Многолетний опыт совместных научных исследований специалистов IMR (Норвегия) и ВНИРО (Россия) позволил спланировать и осуществить первую совместную крупномасштабную съемку микропластика в Баренцевом море.

Материалы и методы

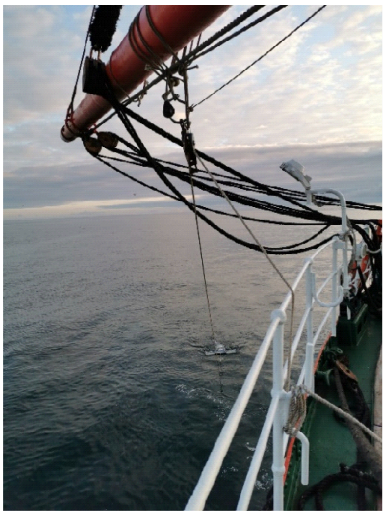
Сбор проб микропластика выполнен в ходе совместной росийско-норвежской экосистемной съемки на акватории Баренцева и сопредельных с ним вод (BESS'21) в августе-сентябре 2021 г.

В рамках комплексного мониторинга запасов промысловых рыб и среды их обитания, охватывающего акваторию около 350 тысяч квадратных морских миль был запланирован сбор морского мусора и проб микропластика по единой методике. Порядок проведения наблюдений и методика сбора проб микропластика были согласованы на встрече ученых России и Норвегии в марте 2021 г. С учетом ранее выполненных модельных расчетов переноса пассивных частиц [Аверкиев, 2013], была предложена сетка нейстонных станций позволяющая отследить перенос полимерных частиц течениями Баренцева моря (рис. 1). С учетом приоритетных задач BESS'21 в ходе съемки планировалось выполнить 91 нейстонное траление, как на условных разрезах с дистанцией между точками отбора проб не более 50 миль, так и на фоновых станциях, в том числе:

Тип наблюдений	**Норвегия**	**Россия**
на разрезах	30	24
Фоновые станции	21	16
итого	51	40

Работы по количественной оценке загрязнения вод микропластиком были выполнены в августе-сентябре 2021 г. с использованием нейстонной сети Манта, оснащенной цифровым датчиком протока воды. Единый методический подход при сборе проб на 4-х судах, НИС «Вильнюс» (Россия), RV «G.O. Sars», «Johan Hjort» и «Helmer Hansen» (Норвегия) позволит в дальнейшем получить количественную оценку загрязнения микропластиком и выполнить сравнение этих данных за любые временные периоды и на различных акваториях сбора первичного материала. Обязательным условием проведения наблюдений было:

- Использование нейстонной сети Манта (0.6 х 0.15 м) ячея 335 мкм
- Использование цифровых счетчиков протока воды
- Выполнение тралений по линии движения судна (преимущественно), или на циркуляции (отдельные станции).
- Продолжительность тралений – 15 минут
- Скорость выполнения тралений 2,5-3,5 узла



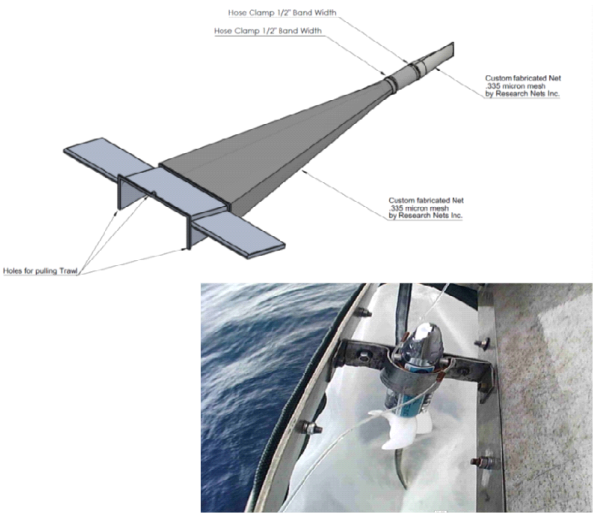


Рис. 1. Выполнение нейстонной станции (слева), общий вид сети Манта и расположение цифрового счётчика протока воды в рамке перед её уловистой частью (справа).

Использование счетчика протока воды позволило учитывать фактический объем воды, прошедшей через рамку сети, с учетом дистанции пройденного расстояния, в том числе при изменении фактической скорости судна, времени нахождения сети в воде (общего времени лова), влияния дрейфа в комплексном движении сети, попутных, встречных или боковых течений, а также волнения поверхностного слоя.

К микропластику относили полимерные частицы размером менее 5 мм.

Результаты. Первая совместная съемка микропластика в Баренцевом море.

Гидрометеорологические условия были в целом благоприятные для проведения работ. На акватории работ норвежских судов в авгсте-сентябре преобладали умеренные северные и северо-восточные ветры, число дней со штормовым ветром (>15 м/с) суммарно было 6 суток. Это не позволило выполнить запланированные наблюдения в полном объеме. В российской части акватории доминировали умеренные ветры западных румбов. При этом число штормовых дней (>15 м/с) составило суммарно 5 суток.

Всего на акватории BESS’21 собрано 81 проба микропластика. В норвежской части съемки отобрано 42, в российской части – 39 проб (рис. 2). В ходе работ собрано более 50 проб на нескольких разрезах, пересекающих поток атланитческих вод на входе в Баренцево море, в районе «Кольского разреза» и Какниских банок. Также выполнены сборы проб микропластика для оценки его переноса за пределы моря в проливе между архипелагами Новая Земля и Земля Франца Иосифа, в северной части моря в районе 80° с.ш. и в восточной части перед проливом Карские ворота. Важными для понимания переноса частиц микропластика были фоновые станции отбора проб микропластика, выполненные вдоль прибрежной ветви Мурманского течения и потока атлантических вод вдоль западного и северного побережья Шпицбергена. Часть фоновых станций может быть представлена как условные разрезы в центральной части Баренцева моря.



Рис. 2. Положение нейстонных станций для отбора проб микропластика на акватории экосистемной съемки Баренцева моря и сопредельных с ним вод в августе-сентябре 2021 г.

Визуальный анализ проб, собранных восточной части Баренцева моря, не выявил катострофического загрязнения вод микропластиком и его локальных концентраций. Аналогично предыдущим годам, в пробах доминировал планктон (фитопланктон, различные представители зоопланктона). На разных участках акватории наблюдений в пробах отмечали, икру и яйца рыб, личинки мойвы и краба, молодь рыб (сельдь, треска, песчанка), чешую рыб, медуз, мотыльков и личинок насекомых, перья, водоросли. Помимо микропластика эпизодически регистрировали окатыши металла, судовую краску, ткань.

Заключение

В ходе российско-норвежской экосистемной съемки (BESS) в августе-сентябре 2021 г. впервые выполнен сбор проб для количественной оценки загрязнения микропластиком вод западного сектора Арктики. В ходе работ специалисты ПИНРО и БИМИ собали 81 пробу микропластика по единой методике на акватории Баренцева моря и сопредельных с ним вод.

Несмотря на ограничения для выполнения этих работ (погодные условия, дефицит времени, технические проблемы и тп) выполнено 90% от запланированного объема наблюдений. В полном объеме выполнены наблюдения на условных разрезах пересекающих потоки течений, что позволит в дальнейшем определить направления переноса микропластика и дать количественную оценку его поступления в Баренцево море. Новые сведения о переносе микропластика в Арктический бассейн будут получены в результате обработки проб, собранных на станциях вдоль западного и северного побережья Шпицбергена, а также в проливе между архипелагами ЗФИ и Новая Земля.

Учитывая нарастающую потребность в исследованиях степени возможного вреда арктической биоте от пластика планируется продолжить совместные съемки морского мусора и микропластика в последующие годы.

Список литературы

ICES. Report of the Working Group on the Integrated Assessments of the Barents Sea. WGIBAR Report 16–18 March 2017, Murmansk, Russia. ICES CM 2017/SSGIEA:04. p. 186.

van Sebille, E., England, M. H., and Froyland, G. Origin, dynamics and evolution of ocean garbage patches from observed surface drifters. Environ. Res. 2012. Lett. 7:044040. doi: 10.1088/1748-9326/7/4/044040

Cózar, A., Martí, E., Duarte, C. M., García-de-Lomas, J., van Sebille, E., Ballatore, T. J., et al. The Arctic Ocean as a dead end for floating plastics in the North Atlantic branch of the Thermohaline Circulation. Sci. Adv. 2017. 3:e1600582. doi: 10.1126/sciadv.1600582

Зайков К.С., Соболев Н.А. Загрязнение морским мусором западного сектора российской Арктики // Арктика и Север. 2021. № 43. С. 246–252. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2021.43.246.

Novikov, M.A., Gorbacheva, E.A., Prokhorova, T.A., Kharlamova, M.N. Composition and 344 distribution of marine anthropogenic litter in the Barents Sea. Oceanology. *2021*. 61, 48–57.

Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C., and Barlaz, M. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci. 364, 2009. 1985–1998. doi: 10.1098/rstb.2008.0205

Аверкиев А.С. Закономерности реакции верхнего слоя в промысловых и прибрежных районах морей России на атмосферное воздействие: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора географических наук: 25.00.28 / Аверкиев А.С. Санкт-Петербург. 2013. - 34 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ШЕЛЬФОВОЙ ЧАСТИ ХАРАСАВЭЙСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (КАРСКОЕ МОРЕ) В 2018–2020 ГГ.

Скавинская Надежда Юрьевна[1], **Барымова Александра Андреевна**[1]
[1]*ООО «Центр морских исследований МГУ имени М.В. Ломоносова», г. Москва*

THE RESULTS OF SEDIMENT MONITORING ON THE SHELF OF THE KHARASAVEY GAS-CONDENSATE DEPOSIT (KARA SEA) IN 2018–2020

Skavinskaya Nadezhda Yurievna[1], **Barymova Aleksandra Andreevna**[1]
[1] *«Lomonosov Moscow State University Marine Research Center», Moscow*

Введение

Донные отложения обладают способностью с одной стороны, к накапливаю химических веществ, а с другой – могут являться вторичным источником их поступления в водную толщу. Переход потенциально токсичных веществ между водой и донными осадками служит важным механизмом регулирования их содержания в водной толще, влияющей на качество воды и на токсичность водной среды для гидробионтов. Фоновый экологический мониторинг шельфовых и инженерно-экологические изыскания на шельфовых территориях обычно включают в себя изучение степени загрязнения донных отложений различными веществами, прежде всего, тяжелыми металлами и органическими загрязнителями.

Ежегодно ООО «Центр морских исследований МГУ имени М.В. Ломоносова («ЦМИ МГУ») проводит большое количество экологических исследований и инженерно-экологических изысканий в акваториях и прибрежных зонах морей Арктики, но результаты этих исследований практически не публикуются. По этой причине данные о состоянии компонентов окружающей среды арктического региона остаются точечными в пространственном, качественном и временном смыслах. Цель нашей работы – сделать подобные данные доступными.

В рамках проведения экологического мониторинга специалистами ЦМИ МГУ было изучено состояние донных отложений шельфового участка Харасавэйского газоконденсатного месторождения, которое находится в юго-западной части акватории Карского моря. На данный момент в этом районе отсутствуют какие-либо постоянные источники техногенного воздействия, так как разработку месторождения планируют начать в 2023 году. Поэтому нынешнее состояние донных отложений на рассматриваемом участке Карского моря можно считать фоновым.

Материалы и методы

Мониторинг состояния поверхностных донных отложений проводился с 2018 по 2020 гг. и включал в себя анализ гранулометрического состава, геохимические и радиологические исследования. Пробы для исследований отбирались с помощью дночерпателей Ван-Вина или «Океан-1» на 29 станциях в октябре 2018 г., августе-сентябре

2019 г. и июле 2020 г. После отбора пробы в зависимости от вида анализа охлаждались или замораживались. Далее пробы отправлялись в лабораторию, где в соответствии с действующими методиками проводился их всесторонний анализ.

Анализ полученных результатов также включал в себя пересчет полученных концентраций тяжелых металлов, мышьяка и нефтепродуктов на стандартный образец в соответствии с зарубежным нормативным документом «Голландские листы» [Warmer, van Dokkum, 2002] и региональным нормативом «Нормы и критерии оценки загрязненности донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга» [Нормы и критерии…, 1996] по формулам:

- для неорганических загрязнителей:

$$N' = N_0 \times \frac{A + B \times 25 + C \times 10}{A + B \times \%\text{глинистой фракции} + C \times \%\text{органического вещества}}$$

- для нефтепродуктов:

$$N' = N_0 \times \frac{10}{\%\text{органического вещества}}$$

где: N’ – концентрация, пересчитанная на стандарт; N_0 – измеренная концентрация вещества;
% глинистой фракции – процентное содержание глинистой фракции в образце;
% органического вещества – процентное содержание органического вещества в образце;
A, B, C – переводные коэффициенты для металлов.

Результаты исследований и их обсуждение

Осадки на исследуемом участке представлены глинистыми и песчаными алевритами, алевритовой глиной и разнообразными песками: алевритовыми, тонко-мелкозернистыми, мелкозернистыми и средне-мелкозернистыми. В пространственном распределении грунтов наблюдается следующая закономерность: наиболее крупнозернистые осадки, пески, тяготеют к береговой линии (глубины до 40 м), а мелкозернистые, алевриты, в общей сложности, располагаются мористее (глубины до 170 м). Эта закономерность отвечает классическому распределению обломочных пород на шельфе. В разные периоды исследований на некоторых точках отбора проб наблюдаются незначительные изменения в процентном соотношении фракций. Такие отклонения могут быть связаны с сезонной изменчивостью.

Результаты геохимических и радиологических исследований донных отложений представлены в Таблице 1. Водородный показатель pH характеризует среду осадков как нейтральную-слабощелочную. Концентрации органического углерода, тяжелых металлов и мышьяка за весь период исследований изменялись незначительно, что может быть также связано с сезонной изменчивостью.

Таблица 1. Результаты геохимических и радиологических исследований донных отложений шельфовой части Харасавэйского газоконденсатного месторождения в 2018–2020 гг.

Результаты геохимических и радиологических исследований		Период исследований								
		октябрь, 2018 г.			август-сентябрь, 2019 г.			июль, 2020 г.		
		min	max	aver	min	max	aver	min	max	aver
Органический углерод, %		<0,5	4,7	2,5	<0,5	2,41	1,3	<0,5	6	3,6
Водородный показатель pH, ед.pH		7,2	8,7	7,8	7,1	7,6	7,3	6,9	7,8	7,4
Концентрации тяжелых металлов и мышьяка, мг/кг	Al	660	16000	6754,8	380	13000	6521,4	789,3	15410	7825,9
	Ba	<5,0	270	83,3	<30	290	122,2	<5,0	349	77,6
	Fe	1700	42000	17744,8	820	43000	17200,7	1725,8	47575	19679,2
	Cd	<0,05	0,41	0,29	<0,05	0,52	0,29	<0,05	0,73	0,39
	Co	1,1	38	12,8	0,67	32	11,7	0,9	24,1	9,03
	Mn	35	41000	9104,1	23	>1000	104,5	36,5	45700	7187,9
	Cu	1,4	39	13,8	<0,5	24	12,3	0,9	23,6	11,5
	As	3,1	110	32,7	2	90	29,8	2,7	84,8	25,5
	Ni	2	61	23,9	1	54	23,3	1,4	38,6	17,6
	Hg	<0,005	0,032	0,019	<0,005	0,044	0,028	<0,005	0,075	0,028
	Pb	1,6	17	8,5	0,91	17	8,3	1,6	13,7	6,6
	Cr	2,3	43	18,8	1,5	46	21,8	2	38,3	17,8
	Zn	7	120	52,1	2,7	98	47,3	<5,0	70,2	35,1
Удельная активность природных и техногенных радионуклидов (ЕРН), Бк/кг	Th-232	<9	25	19,5	<6	60	30,8	<6	71	39,7
	K-40	414	596	498,1	150	940	596,2	340	1010	649,3
	Ra-226	<14	26	20,4	<2	52	35,6	<2	110	55,1
	Cs-137	<5	<5	<5	<3	14	9,1	<3	17	11,3
	Sr-90	<5	<5	<5	6,9	11,5	8,6	<5	<5	<5
Эффективная удельная активность ЕРН, $A_{эфф}$, Бк/кг		69	101	85,7	42,8	174,9	94,8	44,96	256,1	144,2

Концентрации большинства органических загрязнителей за весь период исследований не достигали нижних пределов диапазонов измерений используемых методик: нефтепродукты - <50 мг/кг; гексахлорбензол, бета-ГХЦГ - <0,2 нг/г; альфа-, гамма-ГХЦГ, сумма ГХЦГ - <0,4 нг/г; ДДЕ, ДДД - <1 нг/г; ДДТ, сумма ДДТ и его метаболитов, сумма хлорорганических пестицидов (ХОП) - <4 нг/г; ПХБ-28, -52, -101, -138, -180 - <0,05 мкг/кг; сумма ПХБ - <5 мкг/кг. Концентрации фенола в 2018–2019 гг. также не достигали нижнего предела диапазона измерений используемой методики - <0,0005‰; в 2020 г. отмечается незначительное увеличение концентраций фенола на некоторых станциях отбора до 0,0007‰. В 2020 г. по сравнению с предыдущими годами исследований отмечается значительное увеличение содержания анионных поверхностно-активных веществ (АПАВ) в донных отложениях (<0,2 мг/кг в 2018–2019 гг. и 1,4-17 мг/кг; 5,4 мг/кг в среднем в 2020 г.). Причиной этого может быть поступление веществ с берега, так как высокие концентрации АПАВ зафиксированы в основном в грунтах прибрежной части исследуемого участка.

По результатам пересчетов полученных концентраций тяжелых металлов, мышьяка и нефтепродуктов на стандартный образец в соответствии с нормативными документами [Warmer, van Dokkum, 2002; Нормы и критерии…, 1996] за весь период исследований отмечаются превышения целевого уровня для бария и кобальта; концентрации мышьяка превышают как целевой уровень, так и уровень вмешательства. Также в разные годы отмечались единичные превышения для меди (2018 г.), никеля (2018–2019 гг.) и кадмия (2020 г.).

В пространственном распределении элементов по участку исследований наблюдается приуроченность более высоких концентраций элементов, к тонкодисперсным осадкам, находящимся в глубоководной части участка исследований (глубины до 170 м). В прибрежной части участка (глубины до 40 м) распространены пески, и для этой территории концентрации элементов в основном минимальны.

Повышенное содержание мышьяка в различных компонентах экосистемы Карского моря определяется естественными природными процессами, что можно считать геохимической спецификой рассматриваемой акватории. В первую очередь это может быть связано с распространением в Карском море железомарганцевых конкреций [Лобус и др., 2015; Дроздова, Шульга, 2018], обогащенных мышьяком и, в меньшей степени, сурьмой, оловом, ванадием и цирконием [Батурин, 2019].

Для исследуемых радионуклидов (табл. 1) характерны ежегодные увеличения удельных активностей; исключение составляет Sr-90, максимальные значения удельной активности которого отмечались в 2019 г. Наиболее показательным параметром радиационной обстановки грунтов является эффективная удельная активность ЕРН ($А_{эфф}$). Значения эффективной удельной активности за весь период исследований ежегодно увеличивались, но не превышали установленный норматив. Согласно СанПиН 2.6.12523–09 исследованные грунты относятся к первому классу ($А_{эфф}$≤370Бк/кг), который является самым безопасным.

Заключение

В ходе выполненных работ были получены данные по состоянию донных отложений шельфовой части Харасавэйского газоконденсатного месторождения. Обобщенные в этой работе данные могут быть использованы для анализа изменения состояния донных отложений этого района Карского моря, а также для расчета суммарного показателя загрязнения грунтов Zc.

Исследования выполнены по договору «Мониторинг состояния окружающей среды на Северо-Харасавэйском лицензионном участке в 2018–2020 гг.» с ООО «ФРЭКОМ», генеральный заказчик ООО «Газпром геологоразведка».

Список литературы

Батурин Г.Н. Распределение элементов в железомарганцевых конкрециях морей и озер // Литология и полезные ископаемые, 2019, №5, с. 404–417.

Дроздова А.Н., Шульга Н.А. Железомарганцевые конкреции Карского моря // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2018, № 3, с. 115-120.

Лобус Н.В., Карандашев В.К., Дриц А.В. Химический состав зоопланктона Карского моря и заливов Новой Земли. Экосистема Карского моря – новые данные экспедиционных исследований. Материалы научной конференции. – М.: АПР, 2015. – 320 с.

Нормы и критерии оценки загрязненности донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга // Региональный норматив, разработанный в рамках российско-голландского сотрудничества по программе PSO 95/RF/3/1. СПб., 1996. 20 с.

Проекты ПАО «Газпром». [URL: https://www.gazprom.ru/projects/]. Дата обращения: 14.01.2020.

СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. [URL: http://docs.cntd.ru/document/902170553]. Дата обращения: 19.01.2020.

Warmer H., van Dokkum R. 2002. Water pollution control in the Netherlands. Policy and practice 2001. Lelystad, RIZA: 77 p.

УДК 504.054; 551.4.042

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ БЕРЕГОВ ЗАПАДНЫХ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ РОССИИ К РАЗЛИВАМ НЕФТИ

RUSSIAN WESTERN ARCTIC COASTS GEOMORPHOLOGICAL ANALYSIS AND ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL SENSITIVITY TO OIL SPILLS

Ермолов Александр Александрович[1], Илюшин Денис Григорьевич[2,3], Кизяков Александр Иванович[1], Михайлюкова Полина Геннадьевна[1], Исаченко Артём Игоревич[4]

[1] Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва

[2] ООО «Центр морских исследований МГУ имени М.В. Ломоносова», г. Москва

[3] Фонд поддержки научно-проектной деятельности студентов, аспирантов и молодых ученых «Национальное интеллектуальное развитие» (Фонд «НИР»), г. Москва

[4] ООО «Арктический Научный Центр», г. Москва

Ermolov Aleksandr Aleksandrovich[1], Ilyushin Denis Grigorievich[2,3], Kizyakov Aleksandr Ivanovich[1], Mihaylukova Polina Gennadievna[1], Isachenko Artem Igorevich[4]

[1] Lomonosov Moscow State University, Moscow

[2] "Marine Research Center LLC of the Lomonosov Moscow State University", Moscow

[3] Foundation "National Intellectual Resource", Moscow

[4] "Arctic Research Center", Moscow

Одним из важнейших направлений обеспечения экологической безопасности при разработке шельфовых месторождений углеводородного сырья и освоении арктических побережий является предотвращение и устранение последствий потенциально возможных разливов нефти и нефтепродуктов. Наиболее серьезную опасность представляет загрязнение береговой зоны моря, способное существенно снизить биоразнообразие фауны и флоры крайне уязвимых арктических экосистем. Это определяет необходимость разработки и проведения комплексных мероприятий по охране окружающей среды и оценке экологической чувствительности морских берегов к нефтяным разливам.

В развитие многолетних исследований авторов [Экологический Атлас…, 2016, 2017, 2019, 2020] в докладе представлены отдельные новые результаты типизации, оценки и сравнительного анализа экологической чувствительности берегов российского сектора Баренцева и Карского морей к разливам нефти и нефтепродуктов. Оценка выполнена в соответствии с международной системой индексов чувствительности ESI (Environmental Sensitivity Index) на основе комплексного геоморфологического анализа и районирования береговой зоны по дистанционным спутниковым, картографическим, литературным данным и материалам полевых исследований авторов.

Региональный охват исследования позволил выявить особенности распространения различных типов морских берегов, их пространственную неоднородность. Комплексный

анализ геолого-геоморфологических и гидродинамических условий функционирования береговых систем при районировании берегов по их чувствительности к загрязнению нефтью позволил увязать экологическую типизацию (ESI) с традиционным для морских берегов морфодинамическим районированием. В результате была получена детальная характеристика рассматриваемых берегов и выполнена достоверная оценка их чувствительности к возможному загрязнению.

Одним из результатов работы стала разработанная сводная типизация берегов западных арктических морей России, охватывающая все многообразие их типов. Результаты геоморфологического и геоэкологического анализа представлены в виде карт экологической чувствительности, которые отражают экспертную оценку и определяют приоритеты защиты прибрежных районов при планировании и проведении мероприятий по ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в случае их возникновения.

Чувствительность берегов к нефтяным разливам определялась на основе экспертной оценки основных критериев ранжирования согласно международной методике и включала анализ геоморфологических, геологических, геокриологических и гидродинамических условий каждого выделенного сегмента берега. В качестве основы экологической типизации использовалось геоморфологическое районирование береговой зоны. Детальный анализ проводился в рамках отдельных литодинамических систем или отрезков берега, обладающих схожими показателями морфологии, литологии и динамики. Используя сочетание рассмотренных факторов, каждому участку присваивался индекс чувствительности к нефтяному загрязнению в соответствии с системой индексов ESI.

Всего на побережье Баренцева и Карского морей выделено 12 типов берегов с различным уровнем экологической чувствительности (табл. 1). На созданных картах каждый уровень имеет цветную кодировку в соответствии с увеличением индекса экологической чувствительности от холодного цвета к теплому, согласно принятой цветовой шкале. Это обеспечивает наглядную идентификацию экологической чувствительности берега при картографировании и работе с геоинформационными системами (ГИС), упрощает оперативную работу при ликвидации разливов.

С целью адаптации оригинальных названий международной системы индексов к региональным условиям при разработке легенды в названия отдельных экологических типов берегов были внесены изменения, которые можно считать минимальными. Градация крупности пляжевых отложений соответствует системе индексов ESI.

Таблица 1. Экологические типы берегов Баренцева и Карского морей

Тип берега		Индекс ESI
1.	Открытые скалистые уступы	1A
2.	Открытые скалистые уступы с валунно-глыбовой отмосткой	1C
3.	Защищенные скалистые уступы и крупнообломочные берега	8D
4.	Открытые ледяные уступы	1D
5.	Открытые уступы в песчано-глинистых отложениях	3B
6.	Защищенные уступы в песчано-глинистых отложениях	8A
7.	Пляжи, сложенные разнозернистым песком	4
8.	Пляжи, сложенные смешанными песчано-галечными отложениями	5

9.	Галечные и валунно-глыбовые пляжи	6B
10.	Защищенные песчано-илистые приливные и ветровые осушки (отмели, мелководья)	9A
11.	Соленые и солоноватые марши (лайды)	10A
12.	Затапливаемые низменные тундры	10E

Протяженность берегов с различной экологической чувствительностью на побережьях Баренцева и Карского морей различна. Наиболее чувствительными к нефтяному загрязнению являются аккумулятивные лагунно-бухтовые и дельтовые берега с обширными осушками, мелководьями и лайдами (индекс 9A, 10A и 10E). Наименее чувствительные к нефтяному загрязнению открытые морскому волнению абразионные и абразионно-денудационные берега с клифами, бенчами и валунно-глыбовыми отмостками у основания береговых уступов (индексы 1A и 1C), выработанных в коренных породах. Наибольшую протяженность на исследованных побережьях имеют защищенные абразионно-денудационные берега заливов и проливов, выработанные в коренных породах и характеризующиеся наличием скалистых уступов и крупнообломочных отложений в волноприбойной зоне (индекс - 8D). Немногим меньшую протяженность имеют защищенные термоденудационные и абразионно-термоденудационные берега с уступами, выработанными в песчано-глинистых отложениях (индекс – 8A), а также открытые абразионные и термоабразионные берега, сложенные рыхлыми (нелитифицированными) отложениями (индекс – 3B). Суммарная протяженность аккумулятивных выровненных берегов (индексы – 4, 5 и 6B) сопоставима с протяженностью абразионных рыхлых берегов.

Специфические термоденудационные ледяные берега, образованные ледниковыми куполами и выводными ледниками, также имеют весьма широкое распространение. Это обусловлено высокой изрезанностью берегового контура островов арктических архипелагов, являющихся областью современного оледенения. Берега этого типа имеют низкую экологическую чувствительность – индекс 1D.

Материалы публикации подготовлены в рамках выполнения работ по анализу и обобщению результатов экологических исследований морей Российской Федерации, разработке экологических атласов в рамках серии «Экологические атласы морей России» по заказу ПАО «НК «Роснефть» и работ по публикации результатов экологических исследований, проведенных ООО «Арктический Научный Центр» в 2012–2017 гг. в рамках серии «Атласы морей Российской Арктики» по заказу ООО «Арктический Научный Центр», научный институт ПАО «НК «Роснефть»; по темам ГЗ 121051100167-1; 121051100164-0.

Список литературы

Экологический Атлас. Карское море. ООО "Арктический научный центр". Москва, 2016, 271 с.

Экологический Атлас. Море Лаптевых. ООО "Арктический Научный Центр". Москва, 2017. 303 с.

Экологический Атлас. Черное и Азовское моря. Фонд НИР. Москва, 2019. 464 с.

Экологический Атлас. Баренцево море. Фонд НИР. Москва, 2020. 450 с.

УДК 551.4.042

ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ АРКТИЧЕСКИХ БЕРЕГОВ НА УЧАСТКАХ ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ

STUDIES OF THE ARCTIC COASTS DYNAMICS IN THE AREAS OF INDUSTRIAL DEVELOPMENT

Ермолов Александр Александрович[1], Белова Наталия Геннадиевна[1], Новикова Анна Владиславовна[1]

[1] *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва*

Ermolov Aleksandr Aleksandrovich[1], Belova Natalia Gennadievna[1], Novikova Anna Vladislavovna

[1] *Lomonosov Moscow State University, Moscow*

Изучение процессов формирования рельефа и динамики наносов в береговой зоне арктических морей и их изменений под влиянием антропогенного фактора в районах хозяйственного и промышленного освоения имеет не только прикладное, но и научное значение. Именно к таким районам относится берега Байдарацкой губы Карского моря в районе подводного перехода системы магистральных газопроводов «Бованенково-Ухта» [Novikova et al., 2018], западное побережье Гыданского полуострова на участке строительства объектов инфраструктуры Салмановского (Утреннего) нефтегазоконденсатного месторождения, восточное побережье полуострова Ямал в районе порта Саббета и Тамбейского кластера газовых месторождений, а также другие участки арктических побережий, где ведется строительство инженерных объектов на берегу и на акватории.

Одним из важнейших аспектов безопасной эксплуатации инженерных объектов являются наблюдения за динамикой берега и прогноз развития опасных и неблагоприятных литодинамических процессов. В последние годы это приобрело особую актуальность в связи с началом активного отступания берегов на относительно стабильных участках и риском возникновения чрезвычайных ситуаций. Основным фактором активизации размыва в большинстве случаев является проведением строительных работ в прибрежной зоне и на акватории. Другим немаловажным аспектом, который следует учитывать при оценке современных береговых процессов, являются климатические изменения в Арктике, сопровождающихся увеличением штормовой активности, повторяемости нагонов и усилением процессов абразии и термоабразии. Размыву стали подвергаться берега ранее стабильные или аккумулятивные, образованные в голоцене в условиях морского осадконакопления. Все это подчеркивает особую значимость наблюдений за динамикой арктических берегов на участках хозяйственного освоения, результаты которых не только определяют условия безопасной эксплуатации инженерных сооружений, но и повышают достоверность прогнозных оценок для целей проектирования новых объектов в береговой зоне арктических морей.

С целью оценки долговременных тенденций развития берега и динамики отдельных участков береговой зоны выполняются подбор, подготовка, взаимная привязка, дешифрирование и сравнительный анализ разновременных спутниковых снимков высокого разрешения. В сочетании со сбором и анализом архивных и полевых данных дистанционные методы позволяют оценить скорости отступания и выдвижения береговой линии, выделить

участки с различной интенсивностью и направленностью береговых процессов и техногенного воздействия.

При анализе данных дистанционного зондирования особое внимание должно уделятся определению положения уреза воды / линии берега. Как известно, береговая линия на снимках различного качества и в различные периоды года может определяться по-разному в зависимости от природных условий региона, масштаба исследования, качества и детальности изображения. В условиях низких арктических берегов в большинстве случаев береговая линия определяется по положению границы, непосредственно разделяющей водную поверхность моря от суши и по границе плотной растительности. Это обусловлено, с одной стороны, высокой изменчивостью положения уреза воды в связи с приливно-отливными, сгонно-нагонными и штормовыми колебаниями уровня моря, с другой – деградацией растительного покрова на отдельных участках в результате развития техногенных и эоловых процессов. По результатам наших расчетов для различных участков скорости перемещения линии уреза воды и границы плотной растительности различаются несущественно, в связи с этим наиболее часто используются данные, основанные на изменениях положения линии уреза.

Наряду с анализом дистанционных данных, изучение динамики берегов сложно представить без полевых литодинамических исследований. Предметом последних являются динамика (перемещение) наносов и изменения (деформации) рельефа берегов и дна. Наиболее активно эти процессы протекают на прибрежном мелководье, а основными факторами, определяющими условия и интенсивность их развития, являются гидрометеорологические (в том числе ледовые), литолого-геоморфологические и геокриологические. Инженерное значение этих исследований заключается в получении характеристик литодинамических процессов, необходимых для проектирования, оценки надежности эксплуатации и влияния сооружений на морфологию и динамику береговой зоны и дна при нарушениях режима транспорта наносов, устойчивости береговых систем и пр. Основными результатами работ в наиболее общем виде принято считать выделение участков размыва дна и аккумуляции наносов, оценку динамики несвязных осадков, прогноз деформаций берегов и дна и оценку рисков воздействия морфолитодинамических процессов на эксплуатируемые и/или проектируемые инженерные сооружения.

В результате многолетних исследований авторов на различных участках промышленного освоения арктических берегов был накоплен большой объем фактического материала, получены новые данные о динамике береговой линии и изменениях рельефа береговой зоны под влиянием различных факторов [Ермолов, Прядилин, 2013]. В региональном плане имеют значение географическое положение и климатические условия, особенности гидродинамического режима акватории, рельеф и геологическое и структурно-тектоническое строение прибрежной суши и морского дна. Локальные геолого-геоморфологические факторы обычно определяют пространственную неоднородность динамики берегов – изменение характера и темпов отступания/выступания береговой линии. К ним относятся экспозиция берега, глубина моря в прибрежной зоне, уклоны и рельеф подводного берегового склона, высота берегового уступа, ширина пляжа и параметры других береговых форм рельефа, литологический состав отложений и прочее. Так же при работе в арктической зоне очень важно учитывать особенности мерзлотного строения: льдистость отложений, наличие пластовых и жильных льдов и многое другое.

Динамика берега во времени в естественных условиях определяется главным образом изменением гидрометеорологических факторов, включая общие климатические, а также изменения уровня Мирового океана. Повышение среднегодовых, особенно летних,

температур воздуха и воды, изменение циркуляции атмосферных масс и морских вод, изменение режима ветров, увеличение частоты штормов, сокращение площади морских льдов, а, соответственно, увеличение длины разгона волн, воздействующих на берег, может приводить к усилению размыва берегов, особенно в условиях криолитозоны, где берега, сложенные многолетнемерзлыми породами, особенно чувствительны к изменениям термических условий. Общемировая тенденция к потеплению климата, особенно ярко проявляющаяся в Арктике, в последние десятилетия, приводит к увеличению темпов отступания термоабразионных берегов и даже к активизации отступания берегов, ранее стабильных и аккумулятивных.

Активизация хозяйственной деятельности человека, связанная с разработкой нефтегазовых месторождений, зачастую приводит к ускорению деградации арктических берегов и интенсификации отступания береговой линии. В сочетании с природными факторами эти процессы могут приобретать катастрофический характер и представлять угрозу безопасной эксплуатации инженерных сооружений в береговой зоне, наносить серьезный ущерб окружающей среде. Это определяет необходимость учета влияния техногенных факторов при оценке динамики морских берегов, развитии литодинамических процессов и прогнозировании развития береговой зоны на этапах строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений и инженерных объектов. Нередко техногенный фактор оказывает настолько масштабное воздействие, что начинает определять основные тенденции развития берега в большей степени, чем природные факторы, вызывает кардинальную перестройку рельефа береговой зоны и условий его развития на долгие годы.

С целью снижения негативного влияния, оказываемого на природную среду арктических районов, промышленная и хозяйственная деятельность на этих территориях должна осуществляться с учетом всех аспектов рационального природопользования, включая природные закономерности развития и сохранность естественных факторов устойчивости крайне уязвимых к внешнему воздействию береговых экосистем. Для исключения возможных природных рисков и опасностей, связанных с береговыми процессами (такими как абразия и термоабразия, ледовая экзарация, штормовые нагоны и пр.) и устойчивого функционирования береговой инфраструктуры необходимо понимание причин и механизмов развития береговых процессов, их прогнозирование, и на основе этого – грамотное проектирование и ведение строительных работ с учетом всех возможных негативных последствий для природной среды и способов их минимизации.

Материалы публикации подготовлены в рамках выполнения работ по госбюджетной теме лаборатории геоэкологии Севера географического ф-та МГУ им. М.В. Ломоносова 121051100167-1.

Список литературы

Ермолов А. А., Прядилин Р. Ю. Особенности производственного мониторинга геологических и литодинамических процессов на участке строительства перехода магистральных газопроводов через Байдарацкую губу Карского моря // Инженерные изыскания. – 2013. – № 10-11. – С. 88–91.

Novikova, A., Belova, N., Baranskaya, A., Aleksyutina, D., Maslakov, A., Zelenin, E., Shabanova, N., and Ogorodov, S. Dynamics of permafrost coasts of Baydaratskaya Bay (Kara Sea) based on multi-temporal remote sensing data. Remote Sensing 10, 1481 (2018).

Подводное культурное наследие

Устные доклады

Underwater cultural heritage

Oral presentations

УДК 551.89. 551.461.24

ЗАТОПЛЕННЫЕ АНТИЧНЫЕ ПОСЕЛЕНИЯ НА КЕРЧЕНСКОМ И ТАМАНСКОМ ПОЛУОСТРОВАХ – ПРОБЛЕМА ФАНАГОРИЙСКОЙ РЕГРЕССИИ.

SUBMERGED ANCIENT SETTLEMENTS AT KERCH AND TAMAN PENINSULAS –PROBLEM OF PHANAGOREAN REGRESSION

Дикарёв Василий Андреевич[1], Масленников Александр Александрович[2]
[1] Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
[2] Институт археологии РАН, Москва

Dikerev V.A.[1], Maslennikov A.A.[2]
[1]Lomonosov Moscow State University, geographical faculty
[2]Institute of Archaeology Russian Academy of Science

Введение

Бассейны Черного и Азовского моря соединились с Средиземноморским бассейном через пролив Босфор примерно 8-9 тыс. лет назад [Янина, 2012]. После этого уровень моря неоднократно менялся и по данными разных исследователей испытал две основные трансгрессивные и две регрессивные фазы и достиг к настоящему времени современного уровня. В ходе колебаний по разным данным он превышал современный уровень на 3-5 метров, оставив на побережье морские террасы, соответствующие «новочерноморской» и «нимфейской» трансгрессиям. Период понижения уровня моря между ними получил название «фанагорийской» регрессии, названный по частично затопленному в настоящее время античному городу Фанагория на побережье Таманского полуострова. В ходе наших исследований на Керченском и Таманском полуостровах мы получили данные, противоречащие существующей концепции. Комбинация палеогеографических индикаторов положения уровня моря с расположением и анализом хозяйственной деятельности античных поселений, расположенных на побережье, дали нам возможность представить иную концепцию изменения уровня моря в позднем голоцене для Черного и Азовского морей. Полученные нами данные были опубликованы в российских и зарубежных журналах [Дикарёв, 2011; Fouache et al. 2012]. В данной работе мы предоставим новые факты, подтверждающие нашу концепцию.

Данные и методы

Для изучения уровня моря применялся комплексный геоархеологический подход, при котором положение античного поселения рассматривалось в комплексе с окружающими его формами рельефа и предпринималась попытка восстановления береговой линии и положения уровня моря исходя из положения памятника и радиоуглеродного возраста отложений морских террас. Для северного побережья Керченского полуострова, они показали, что уровень моря в античный период не только не был ниже современного но и незначительно превышал его судя по радиоуглеродному возрасту прослоев раковин моллюсков

обнаруженных в шурфах террасовидных поверхностей занимающих небольшие бухты побережья (см. Таблица. 1)

Таблица 1. Радиоуглеродный возраст раковин моллюсков из морских террас на побережье Керченского полуострова

№	Местоположение	Возраст по C^{14}		Высота над совр. ур. моря, м	Примечание
		некалиброванный	калиброванный		
ГИН - 13629	Караларское побережье, бухта Широкая	2480±40	2200±100	1-2	Терраса, верхний слой
ГИН -13627	Караларское побережье, бухта Широкая	3980±100	4480±145	0-1	Терраса, нижний слой
ЛУ-7293	Караларское побережье, бухта Полянка	2280±90	2300±120	3-5	Терраса, верхний слой
ЛУ-7294	Караларское побережье, бухта Полянка	2920±70	3090±110	1-3	Терраса, нижний слой
ГИН - 13628	Мыс Чоганы, пос. Золотое	3670±70	3625±100	1,5	Обнажение на берегу моря

Другие данные о положение уровня моря дают раскопки античных поселений на побережье Керченского полуострова. На карте, представленной на сайте http://www.archmap.ru показано всё обилие памятников античного времени, расположенным и раскапываемых в настоящее время на побережье Керченского полуострова. Время их существования - конец VII вв. до н э. и до VI в. н.э. [Масленников, 1998]. Гипсометрия памятников колеблется от первых метров над уровнем моря (пос. Чокракский мыс) до нескольких десятков метров выше современного уровня моря (пос. Золотое восточное). Хозяйственная деятельность всех поселений без сомнения связана с морем. Среди материала, найденного при археологических раскопках, многочисленные якоря для малых судов, рыбозасолочные ванны, грузила для сетей и пр. В числе находок археологических объектов, прямо свидетельствующих на присутствие моря – предположительно причальный мол, расположенный в бухте Широкая на слое раковин с радиоуглеродным возрастом 2480±40 ВР. [Дикарёв, 2014].

В текущем полевом сезоне Восточно-Крымской археологической экспедицией в Чокракском озере была обнаружена стена, примыкающая к коренному берегу Чокракского мыса сложенному серовато-сизой глиной (см. рис. 1). Стена имеет ширину 2,2 метра, высоту около 1 м и видимую длину около 7 м и уходит под воду ниже уровня озера. Промеры в озере показали, что она имеет длину как до 30,2 метров и уходит под воду до глубины около 1 м ниже современного уровня озера. Назначение стены пока непонятно, но она несомненно относится к поселению на Чокракском мысу, датируемому периодом с второй половины V в. до н.э. до I в. до н. э. [Масленников, 1998].

Детальная реконструкция озера была выполнена в ходе совместных исследований в 2012 году. Результаты исследований показали, что площадь озера последовательно увеличивалась в ходе подъема уровня моря в позднем голоцене с отметок примерно -1 м в начале первого тысячелетия до н.э., до отметок -0,5 м в середине первого тысячелетия н.э. Формирование пересыпи и прекращение связи с Азовским морем произошло не ранее 500-х гг. н.э. Возможно с этим процессом и связан упадок поселения на Чокракском мысу [Kelterbaum et al. 2012]

Анализ затопленных поселений на Таманском полуострове совместно с данными бурения показал, что полуостров представлял собой в античное время архипелаг из нескольких островов, а наряду с «Боспором Киммерийским» (Керченский пролив) существовал ещё один пролив представлявший собой палеорусло р. Кубань и названный по аналогии с первым «Боспором Кубанским». Частичное затопление античных поселений на Таманском полуострове таких как Фанагория, Патрей и т.д. следует отнести на счёт прогиба синклиналей Керченско-Таманской складчатой зоны [Gaydalenok, 2020]



Рис 1. Стена, уходящая под воду на берегу Чокракского озера на западном борту Чокракского мыса (фото автора, 2021).

Результаты

Результатом наших исследований является серия палеогеографических реконструкция преимущественно для эпохи расцвета греческой колонизации Северного Причерноморья – IV-III вв. до н.э. Наиболее значимая приведена на рис. 2. Также была выполнена реконструкция Чокракского озера и нескольких бухт в районе Северного (Караларского) побережья Керченского полуострова. Все они показали, что уровень моря если и был ниже современного, то незначительно. Конфигурация береговой линии была иной, озера представляли собой заливы, вогнутые бухты были заполнены водой и представляли собой удобные гавани для легких античных судов.



Рис 2. Таманский полуостров 2500 тыс. л.н., реконструкция [Kelterbaum, 2009].

Заключение

На основании результатов выполненной работы можно сделать вывод, что эпоха т.н. «фанагорийской регрессии» была явно преувеличена. Значительное понижение уровня моря не наблюдается ни по палеогеографическим, ни по археологическим индикаторам. При этом локальные эвстатические кривые построенные для отдельных участков побережья показывают не понижение, а последовательное повышение уровня моря в первом тысячелетии до н.э. Возможно расцвет греческой колонизации в IV-III вв. до н.э. был связан именно с подъемом уровня моря и заполнением бухт и лагун водой. В дальнейшем в результате замедления подъема уровня, лагуны начали отделятся от моря, сформировались пересыпи и Чокракское, Тобечикское, Узунларское и пр. озера стали отдельными солёными водоемами.

Использование комплексного геоархеологического подхода помогло нам сделать вывод об ошибочности существующего представления о «фанагорийской регрессии» как о значительном понижении уровня моря после «новочерноморской трансгрессии» скорее всего падение уровня было весьма незначительным и началось не ранее середины первого тысячелетия до н.э. о чем свидетельствуют и характер расположения археологических памятников и результаты радиоуглеродных датировок раковин моллюсков из морских террас.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ (гранты № 18-05-00296 и 16-31-01101-ОГН).

Благодарность

Автор благодарит Анну Витальевну Ковальчук за сотрудничество при проведении полевых исследований и Тамару Алексеевну Янину за консультационную поддержку

Список литературы

Дикарёв В.А. Проблема фанагорийской регрессии Черного моря // Вестн. МГУ Сер. 5. География, 2011. №1. С. 35-40.

Дикарёв В. А. Реконструкция палеорельефа бухты Широкая (Керченский п-ов) и античного поселения Генеральское Западное // Труды IV (XX) Всероссийского археологического съезда в Казани. — Т. 4. — Казань, Отечество, 2014. — С. 314–317.

Масленников А.А. Эллинская хора на краю Ойкумены : Сельская территория европейского Боспора в античную эпоху // Рос.акад.наук.Ин-т археологии М. : Индрик, 1998

Смекалов С.Л. Археологическая карта Крыма - http://www.archmap.ru, 2010.

Янина Т.А. Неоплейстоцен Понто-Каспия: биостратиграфия, палеогеография, корреляция. М.: Географический факультет МГУ, 2012, 264 с.

Gaydalenok O.V., Sokolov S.A. Tectonic structure of Kerch-Taman fold zone // 2nd International Scientific Conference of Young Scientists and Specialists "Multidisciplinary approaches in solving modern problems of fundamental and applied sciences" 03–06 March 2020. Baku. Azerbaijan. Book of abstracts. P. 232-234.

Fouache E. et al. The Late Holocene evolution of the Black Sea – a critical view on the so-called Phanagorian regression. Quaternary International. 2012. 266. p.162-174. 10.1016/j.quaint.2011.04.008

Kelterbaum D., Brückner H., Dikarev V. et al. Palaeogeographic changes at lake Chokrak on the Kerch peninsula, Ukraine, during the mid- and late-holocene // Geoarchaeology - An International Journal. — 2012. — Vol. 27, no. 3. — P. 206–219.

УДК. 37: 355.75

ОСНОВНЫЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ИЗУЧЕНИЯ МОРСКОГО КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

BASIC METHODOLOGICAL APPROACHES TO STUDYING THE MARINE CULTURAL HERITAGE

Мозговой С.А.

Sergey Mozgovoy

Институт Наследия, Москва, e-mail: marine-heritage@yandex.ru

Institute of Heritage, Moscow

Русское географическое общество

Russian Geographical Society

Морское наследие как научная категория является достаточно новым, еще не до конца утвердившимся понятием. Ранее все, что было связано с морским наследием, как правило, обозначалось такими дисциплинами и терминами, как история флота, морская культура, морские традиции и морские памятники (изучение памятников судостроения, мореплавания и гидротехники и др.). Однако задача изучения и сохранения всего ценного и памятного, что связано с деятельностью человека на море побудила некоторых исследователей и хранителей морских культурных объектов, предметов и традиций обратиться к термину «морское наследие», в связи с тем, что он является более емким и позволяет включить в себя довольно широкий спектр объектов культурного и природного, материального и нематериального наследия, связанного с освоением человеком водных пространств.

Культурное наследие и его составляющая — морское культурное наследие — рассматриваются как система материальных и нематериальных ценностей, доставшихся нам от предшествующих эпох, являющихся результатом деятельности человека (иногда совместно человека и природы), имеющих исключительное научное, социокультурное и историческое значение, а также играющих важную роль в социализации и воспитании личности, ее дальнейшего развития и сохранения цивилизации. Наследие является объектом исследования многих наук (искусствоведение, этнография, археология, биология, геология, гидрология, инженерные науки и т. д.) [1].

Вопросы исследования морского наследия стоят на стыке различных наук, поэтому требуется междисциплинарный подход, который включает методы исторической и географической науки, культурологии и права.

Морское наследие — это прошлое и о прошлом в современном глобальном и национальном контексте ради будущего. Историческая наука может проследить этапы формирования морского наследия в ходе основных узловых исторических вех, связанных сначала с расселением людей по планете, а затем в ходе жизнедеятельности на берегах рек и морей, создания плавсредств, строительства и развития флота, морских экспедиций и баталий, создание «морской силы» в целях контроля акваторий и обеспечения господства на море. Именно в ходе такой морской деятельности формировалось морское наследие России и СССР, ставшими благодаря этому сначала великой империей, а затем одной из мощных мировых держав. Морское наследие нашей страны прямо вытекает из истории отечественного флота.

Однако морское наследие не ограничивается рамками наций или континентов, оно планетарно. Жизнь зародилась в море. Животный мир вышел из океана. В ходе

длительной эволюции произошел человек, названный «венцом природы». С момента своего появления человек не потерял связи с морем-океаном — водной средой, которая его кормила и служила дорогой в новые земли, по водной глади происходило расселение людей по планете Земля, ведь древние пути коммуникаций были в основном водными. Поэтому человечество можно по праву назвать наследием океана или морским наследием.[2]. Фундаментальным методологическим основанием является понимание и признание Человечества в качестве главного объекта морского наследия.

Понять культурно-исторический и политический смысл и потенциал морского наследия позволяет глобальная история и соответственно глобальное мышление. Ведь представления о мире постоянно менялись под влиянием географических открытий, столкновений с иными культурами и цивилизациями, развитием науки. Все эти процессы происходили благодаря морской деятельности разных народов в результате которой формировались объекты морского культурного наследия. Они являются свидетельством успешной морской деятельности государства, его национальными памятниками, символизирующими присутствие государства на морях и океанах, наглядными индикаторами вклада государства в освоение Мирового океана. Все развитые государства мира добились своего военного и экономического могущества благодаря успешной морской деятельности, а некоторые благодаря господству на море. Поэтому морское наследие справедливо считается важным фактором геополитики.

Таким образом, особое внимание в ходе исследований необходимо уделять морской деятельности, которая, по нашему мнению, является ключевым фактором рождения и формирования морского наследия. Формирование морского наследия происходило постепенно, в ходе миграции и расселения людей по водным магистралям (рекам, морям, океанам), которые служили как транспортными путями, так и объектами жизнеобеспечения, прежде всего источниками пищи (рыбная ловля, добыча морского зверя и т.п.) особенно у народов речных и морских цивилизаций. Морская деятельность способствовала преодолению изоляционизма, установлению коммуникаций с другими странами и народами, торговле, развитию экономики и созданию морской мощи, что является очень важным обстоятельством в методологическом плане для понимания сущности морского наследия.

Наряду с объектами материального культурного наследия (корабли, морские крепости, морские мемориалы и др.) важным в методологическом плане является изучение вопросов и проблем нематериального морского наследия (история флота, морские науки, история военно-морского искусства, морские идеи и традиции, «морская сила», «морская мощь» и др.).

Методология требует определения понятия, его содержания, исследование сущности, классификации и типологизации морского культурного наследия. Морское наследие — это опыт морской деятельности по освоению и защите водных пространств, в результате которого возникли ценные объекты материального и нематериального культурного наследия, а также уникальные объекты природного наследия в водной среде, имеющие универсальную ценность с точки зрения эстетики, науки или природной красоты.[3]. Это определение отражает историко-правовой, структурно-содержательный и функциональный статус понятия. Данное определение состоит из двух ценностных оснований: культурного и природного морского наследия, отличие которых в способе формирования: морское культурное наследие — в результате морской деятельности людей, морское природное — явление и детище природы, получившее статус в результате оценки со стороны экспертов и в ходе природоохранных мероприятий. Таким образом, морское культурное и природное наследие формируются по своим, присущим каждому виду наследия законам. В результате морской деятельности обретается ценный опыт освоения и защиты морских пространств, который находит свое отражение в истории судостроения, мореплавания и

морского искусства, морских технологиях и архитектуре, материальных и духовных памятниках покорителям океана, героям морских сражений, экспедиций и создателям плавсредств (памятники, ансамбли и достопримечательные места, появившиеся в результате морской деятельности). А в результате геологических процессов и природных явлений появляются уникальные, исключительной природной красоты и эстетического значения морские экосистемы, обретающие ценность у человечества.[4]

Ранее, в связи с многоплановостью содержания морского наследия и возникающих в связи с этим сложностей в формулировании однозначного и четкого определения, мы описывали термин через раскрытие его содержания, показывая основные составные части морского наследия. Так, во вводной части к «Опросным листам по изучению морского наследия» нами было принято решение указать, что «морское наследие включает объекты культурного и природного наследия, нематериальное наследие, музеи, архивы, библиотеки, коллекции и предметы, связанные с историческим опытом освоения и использования человеком водных пространств». [5].

Важной сущностной характеристикой наследия является ценность объекта, которая имеет качественные характеристики, определяемые результатом деятельности, как правило, сравнительными показателями или отличительными геройскими деяниями. Примерами являются выдающиеся кругосветные плавания, уникальные морские экспедиции, славные героические победы флота, шедевры судостроения, приведшие к усилению государства или показавшие образцы мужества и смелости экипажей кораблей и отдельных моряков, а также военно-морского искусства. Такими примерами являются героические корабли российского и советского Военно-Морского Флота, памятные места славных побед и героической гибели кораблей русского и советского флота и отдания воинских почестей, памятники и мемориалы прославленным кораблям и морякам-героям, судостроителям, морские музеи и т. п. Многовековой опыт морской деятельности вырабатывает флотские традиции, имеющие огромную ценность для обучения и воспитания моряков, успешного и безаварийного плавания, поддержания морально-нравственной атмосферы на должном для выполнения стоящих задач уровне.[6].

Весьма интересным методологическим аспектом в изучении морского наследия является вопрос соотношения национального и интернационального. Когда мы говорим о военно-экономическом потенциале и морской мощи, успехах борьбы за господство на море, великих географических открытиях и героических подвигах моряках – наших соотечественниках, то безусловно речь идет о национальном. Однако сама морская деятельность в широком смысле этого слова глубоко интернациональна и на протяжении веков заимствовалась и взаимообогащалась многими народами, что нашло отражение в морской науке и практике, судостроении, языке и фольклоре. Таким образом, морское наследие – это яркий и глубокий симбиоз национального и интернационального в культурном наследии.

Изучение, а затем и сохранение наследия осуществляется через его освоение и музеефикацию, что является большим самостоятельным блоком в триаде задач (изучение, сохранение, популяризация). Причем очень важно суметь сохранить аутентичность объекта морского наследия. Например, если музеефицируется боевой корабль, то необходимо максимально сохранить его архитектуру, внешнее и внутреннее убранство (оборудование) боевых постов, чтобы при посещении ощущался дух именно боевого корабля, ощущались трудности и героизм флотской службы, сложности быта и т.п.

Научно-правовой подход предполагает разработку критериев отнесения объектов культурного наследия к морскому наследию, выделение их значимости и иерархии.

Статус объектов морского культурного наследия по своей иерархии может быть представлен следующим образом:

1. Морские объекты Всемирного наследия ЮНЕСКО.

2. Особо ценные объекты морского культурного наследия народов Российской Федерации.

3. Объекты морского культурного наследия федерального значения (первые две категории также относятся к объектам культурного наследия федерального значения, но кроме того, имеют еще ряд характеристик их ценности и особенности).

4. Объекты морского культурного наследия регионального значения.

5. Объекты морского культурного наследия местного (муниципального) значения.[7].

Сегодня поддержанию особого международного статуса, определяющего ведущее место ряда государств в мировой политике и экономике, служат их выдающиеся успехи в морских научных исследованиях, развитых технологиях судостроения, военного кораблестроения, морского образования, морехозяйственной деятельности, добычи ресурсов в морях и океанах. Следует отметить, что решение задач изучения и сохранения морского наследия вытекает из государственной культурной политики и лежит в основе ряда основополагающих документов (Конституции Российской Федерации, Конвенции об охране всемирного культурного и природного наследия, Конвенции об охране нематериального культурного наследия, Морской доктрины Российской Федерации, Стратегия развития морской деятельности Российской Федерации на период до 2030 года, Федерального закона Российской Федерации от 25 июня 2002 г. N 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации», Основ государственной культурной политики» и др.).

Глубокое понимание сущности морского наследия и его значения для сохранения цивилизации позволит продвижению глобальной повестки дня в области океана, будет способствовать выработке эффективных мер по устойчивому развитию, ориентированных на сохранение и/или создание здоровых морских и прибрежных экосистем, развитие прибрежных государств, процветание народов. Следует отметить, что этим задачам уделят внимание Глобальный океанический форум (GOF), который объединяет специалистов различных секторов изучения и использования океана из более чем 110 стран. Однако формированию идеологии этой деятельности должна служить методология морского наследия, разработку которой мы ведём. А для успеха этой деятельности необходимо развитие морского сознания у населения.

Список литературы

1. Веденин Ю. А. Основы географического подхода к изучению и сохранению культурного наследия // Наследие и современность. Информационный сборник. Вып. 12. — М.: Институт Наследия, 2004. — С. 3.

2. Мозговой С.А. Морское культурное наследие России: изучение, сохранение, музеефикация / С. А. Мозговой. — М.: Институт Наследия, 2021. — 434 с.: — ил., прилож. – С. 6.

3. Мозговой С.А. Морское культурное наследие России: изучение, сохранение, музеефикация / С.А. Мозговой. — М.: Институт Наследия, 2021. — 434 с.: — ил., прилож. – С. 96-97.

4. Мозговой С.А. Морское культурное наследие России: изучение, сохранение, музеефикация / С.А. Мозговой. — М.: Институт Наследия, 2021. — 434 с.: — ил., прилож. – С. 102, 115-119.

5. Мозговой С. А., Филин П. А. Опросные листы для выявления и описания морского наследия. — М., Институт наследия, 2011. — 12 с.
6. Мозговой С. А. Морское наследие: сущность, содержание, структура // Морской сборник. — 2013. — № 9 (1998). — С. 31-40.
7. Мозговой С.А. О статусе морского наследия // // Морской сборник. — 2017. — № 5. (2042). - С. 31-38.

УДК 341

К ВОПРОСУ О МЕЖДУНАРОДНО-ПРАВОВОМ РЕГУЛИРОВАНИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПОДВОДНЫМ КУЛЬТУРНЫМ НАСЛЕДИЕМ.

ON THE ISSUE OF INTERNATIONAL LEGAL REGULATION OF THE USE AND TRANSFER OF TECHNOLOGIES IN THE FIELD OF UNDERWATER CULTURAL HERITAGE MANAGEMENT.

Анисимов Игорь Олегович[1]

[1] *Дипломатическая академия МИД России*

Anisimov Igor Olegovich[1]

[1] *The Diplomatic Academy of the Russian Foreign Ministry*

Введение

Подводное культурное наследие (ПКН) играет важную роль как для науки, так и для всего общества в целом. Выполняя образовательную, воспитательную и эстетическую функции, объекты ПКН являются важным источником исторической и культурной информации. Данные, полученные в результате изучения таких объектов, могут способствовать более глубокому пониманию различных исторических событий, восстановлению исторической достоверности, выявлению новых фактов о быте различных наций и народов.

Несмотря на относительную труднодоступность объектов ПКН, им угрожает большое количество факторов, среди которых стоит выделить незаконные археологические раскопки, сувенирный сбор, ухудшение морской экологии, а также сложность организации охраны и управления.

Отдельно стоит отметить проблемы теоретико-правового характера, связанные с управлением ПКН. В частности, отсутствует единое мнение по вопросу о том, подпадает ли морская археология под понятие морских научных исследований в контексте Конвенции ООН по морскому праву 1982 г. Более сложным является вопрос о том, каким образом будет осуществляться международно-правовое регулирование передачи технологий в области морской археологии и управления ПКН. Этот вопрос также представляется актуальным и комплексным в связи с тем, что участниками Конвенции об охране подводного культурного наследия 2001 г. являются не только крупные морские державы, но и развивающиеся государства, которые не располагают соответствующими технологиями изучения, консервации и музеефикации подводных артефактов. К сожалению, несмотря на наличие специального международного документа, проблема международно-правового регулирования передачи морских технологий в сфере управления ПКН остается нерешенной.

Данные и методы

Эмпирическую базу исследования составили результаты изучения международно-правовых актов в сфере морского права, охраны подводного культурного наследия и передачи морских технологий, а именно: Конвенция ООН по морскому праву

1982 г., Конвенция об охране подводного культурного наследия 2001 г., Критерии и руководящие принципы передачи морских технологий 2005 г. В работе были использованы материалы международных органов и организаций – ЮНЕСКО и МОК ЮНЕСКО (Оперативные руководящие принципы для Конвенции об охране подводного культурного наследия 2015, Инструкция по деятельности, направленной на подводное культурное наследие 2013 г., Информационный комплект ЮНЕСКО по Конвенции об охране подводного культурного наследия).

Теоретическую основу исследования составили труды отечественных и зарубежных специалистов в области теории международного права, морского права и охраны морской среды (И.О. Анисимов, К.А. Бекяшев, Д.К. Бекяшев, А.Н. Вылегжанин, С.А. Егоров, А.Л. Колодкин, W.E. Batler, R. Walfrum, M. Jacobson и др.).

Проблематика исследования потребовала обращения к трудам отечественных и зарубежных ученых в области подводной (морской) археологии и музеологии (Д.В. Бабекин, А.В. Окороков, С.М. Фазлуллин, П.А. Филин, А.И. Чудинов, G. Bass, V. Argyropoulos, A. Stratigea и др.).

Изучение практических аспектов управления подводным культурным наследием, а также вопросов разработки, передачи и использования морских технологий обусловило обращение к трудам экспертов международных межправительственных организаций системы ООН (Thijs J. Maarleveld, Ulrike Guerin, Barbara Egger и другие).

Методологическую основу исследования составили сравнительно-правовой, формально-юридический, историко-правовой и системный методы.

Результаты

Ст. 149 Конвенции ООН по морскому праву 1982 г. (Конвенция 1982 г.) устанавливает, что археологические и исторические объекты, найденные в международном районе морского дна, должны сохраняться и использоваться на благо всего человечества. При этом особое внимание должно уделяться государствам исторического, культурного и археологического происхождения данных объектов. Кроме того, государства обязаны охранять археологические и исторические объекты, найденные в открытом море, а также сотрудничать для этой цели (ст. 303). Таким образом, подводная (морская) археология косвенно упоминается только в двух статьях рассматриваемой Конвенции.

В данном контексте большой интерес представляет соотношение понятий «морские научные исследования», «морская археология» и «подводная археология».

Морским научным исследованиям посвящена Часть XIII Конвенции 1982 г., которая устанавливает, что «*Все государства, независимо от их географического положения, и компетентные международные организации имеют право проводить морские научные исследования при условии соблюдения прав и обязанностей других государств, предусмотренных в настоящей Конвенции*» (ст. 238). Ст. 240 Конвенции 1982 г. определяет общие принципы проведения морских научных исследований, а именно:

- морские научные исследования проводятся исключительно в мирных целях;
- морские научные исследования проводятся надлежащими научными методами и средствами, совместимыми с положениями настоящей Конвенции;
- морские научные исследования не должны создавать неоправданных помех другим правомерным видам использования моря;

- морские научные исследования проводятся с соблюдением правил, принятых в соответствии с настоящей Конвенцией, включая положения о защите и сохранении морской среды.

Дальнейшие статьи Части XIII Конвенции 1982 г. регламентируют порядок проведения морских научных исследований в различных зонах морских пространств. При этом определения термина «морские научные исследования» в ней не дается. В связи с этим, возникает вопрос о применимости рассмотренных выше положений к подводной археологии и управлению подводным культурным наследием, в частности. Ряд специалистов дает следующее определение морским научным исследованиям – «*любое изучение или экспериментальное исследование с целью получения знаний о морской среде»*. При этом отмечается, что морская археология не включается в понятие морских научных исследований [Егоров, 2014, с. 231].

Экспертами ЮНЕСКО отмечается, что подводная археология является «*субдисциплиной, с помощью которой изучаются находящиеся под водой объекты, артефакты, останки человеческих поселений и ландшафты*». Данные исследования стоит рассматривать в рамках более широкого контекста морской археологии, изучающей отношения человека с океанами, озерами и реками, а также историю строительства судов и их использования.

Таким образом, на основе анализа положений Конвенции 1982 г., а также работ отечественных и зарубежных ученых, автор приходит к выводу о том, что морская археология не охватывается положениями Части XIII рассматриваемой Конвенции. Вместе с тем, ряд положений, регулирующих осуществление морских научных исследований, носят фундаментальный характер и могут быть применены по аналогии к деятельности, направленной на подводное культурное наследие.

Рассмотрим положения Конвенции 1982 г., регулирующие вопросы разработки и передачи морских технологий (часть XIV «Разработка и передача морской технологии»). Ч 1. ст. 266 Конвенции 1982 г. устанавливает, что «*Государства <…> сотрудничают <…> в активном содействии развитию и передаче морских научных знаний и морской технологии на справедливых и разумных основах и условиях*». Кроме того, особое внимание в анализируемой статье уделено правам развивающихся государств. Так, например, установлено, что «*Государства содействуют развитию морского научно-технического потенциала государств <...>, в частности развивающихся государств, <…> в том, что касается разведки, разработки и сохранения морских ресурсов и управления ими, защиты и сохранения морской среды, морских научных исследований и другой деятельности в морской среде*». Более того, в соответствии с ч. 2 ст. 266 «*государства стремятся содействовать созданию благоприятных экономических и правовых условий для передачи на справедливой основе морской технологии на благо всех заинтересованных сторон*».

Основными целями содействия такой передачи являются: приобретение, оценка и распространение морских технических знаний и облегчение доступа к соответствующей информации и данным; развитие надлежащей морской технологии; развитие необходимой технологической инфраструктуры для облегчения передачи морской технологии; подготовка людских ресурсов путем профессионального обучения и образования граждан развивающихся государств; международное сотрудничество на всех уровнях, в особенности, на региональном, субрегиональном и двустороннем.

Ст. 269 предусматривает меры, для достижения указанных выше целей. Среди них:
- учреждение программ технического сотрудничества для эффективной передачи всех видов морской технологии государствам, которые в ней нуждаются;
- содействие созданию благоприятных условий для заключения соглашений, контрактов и достижения аналогичных договоренностей на справедливых и разумных условиях;
- проведение конференций, семинаров и симпозиумов по научно-техническим вопросам, в частности, по политике и методам передачи морской технологии;
- содействие обмену учеными, а также техническими и другими экспертами;
- осуществление проектов и поощрение совместных предприятий и других видов двустороннего и многостороннего сотрудничества.

Кроме того, стоит отметить, что Конвенция 1982 г. предусматривает возможность осуществления международного сотрудничества в целях разработки и передачи морской технологии как через существующие, так и новые двусторонние, региональные или многосторонние программы с целью способствовать морским научным исследованиям, передаче морской технологии (особенно в новых областях) и надлежащему международному финансированию исследований и освоения океана.

Несмотря на то, что вопросы разработки и передачи морских технологий не упоминаются в контексте морской археологии или управления подводным культурным наследием, на практике государства ориентируются на ст. 269 Конвенции ООН по морскому праву. В качестве примера можно привести создание Международного центра подводной археологии в Задаре (Хорватия) и иных универсальных и региональных механизмов управления подводным культурным наследием [The UNESCO Training Manual, 2021].

В преамбуле Конвенции об охране подводного культурного наследия 2001 г. (Конвенция 2001 г.) говорится о доступности «*высоких технологий*, *расширяющих возможности обнаружения подводного культурного наследия и доступа к нему*». Кроме того, отмечается, что «*обследование, раскопки и охрана подводного культурного наследия требуют наличия и применения специальных научных методов и использования соответствующей технологии и оборудования, а также высокой степени профессиональной специализации* <…>».

Это обусловливает необходимость регулирования передачи и использования морских технологий в управлении ПКН. Однако, по мнению автора, данной проблеме в Конвенции 2001 г. уделено недостаточно внимания. Среди положений, касающихся технологий, стоит упомянуть ч. 2 ст. 19, которая устанавливает, что государства обязуются обмениваться между собой не только информацией о ПКН и деятельности, направленной на него, но и соответствующей методологией и *технологиями*. Вышеперечисленные данные, а также информация о разработке правовых норм по международно-правовой охране ПКН может происходить посредством: обмена информацией о реестрах и базах данных с уполномоченными органами; опубликования информации об обнаружении ПКН и исследованиях, а также предоставления всем другим государствам-участникам и ЮНЕСКО статистических данных о деятельности, направленной на подводное культурное наследие [Оперативные руководящие принципы, 2015, с.18-19].

Ст. 21 «Подготовка в области подводной археологии» устанавливает, что: «*Государства-участники сотрудничают в подготовке специалистов в области подводной археологии, в разработке методов консервации подводного культурного наследия и, на согласованных условиях, в передаче технологий, относящихся к подводному культурному наследию*». Это сотрудничество может осуществляться посредством организации

региональных и международных программ подготовки специалистов и участия в них; подготовки специалистов для работы в области исследования и охраны подводного культурного наследия; создания специализированных национальных или международных учреждений для подготовки специалистов в области подводной археологии, а также исследования подводного культурного наследия и консервации материалов [Оперативные руководящие принципы, 2015, с.17].

Отдельно стоит упомянуть положение о том, что технологии, которые используются в отношении ПКН, должны быть в максимально возможной степени неразрушительными и содействовать обеспечению сохранности останков (Правило 4).

Таким образом, Конвенция об охране подводного культурного наследия 2001 г. и Оперативные руководящие принципы к ней не содержат конкретных правил передачи технологий в области управления ПКН. Более того, исходя из анализа положения ст. 21 о передаче технологий на «*согласованных условиях*» возникает вопрос о том, каким образом будет осуществляться международно-правовое регулирование передачи технологий в области подводной археологии.

С дальнейшим развитием морских технологий и практики их передачи, возникла необходимость более подробного регулирования данной сферы. Межправительственная океанографическая комиссия ЮНЕСКО (МОК ЮНЕСКО) попыталась устранить пробелы Конвенции 1982 г. и разработать универсальный документ в данной области. Таким документом стал Критерии и руководящие принципы передачи морских технологий 2005 г. (Критерии МОК).

Логично было бы предположить, что указанный документ позволит не только детализировать механизм передачи морских технологий, предусмотренный в Конвенции 1982 г., но и будет способствовать повышению эффективности управления ПКН. Вместе с тем, детальный анализ данного документа показал, что ни морская археология, ни подводное культурное наследие не упоминаются в данном документе [Анисимов, 2019]. Более того, как отмечалось в предыдущем исследовании [Анисимов, 2020], пространственная сфера регулирования Критериев МОК также остается под вопросом. Это связано с тем, что устоявшаяся благодаря Конвенции 1982 г. терминология в отношении морских пространств в нем не используется.

Отдельного внимания заслуживает определение морской технологии, которое дается в Критериях МОК. Под ним понимаются *инструменты, оборудование, суда, а также процедуры и методы, необходимые для получения и использования информации с целью совершенствования изучения и освоения природы и ресурсов океана и прибрежных районов.* Таким образом, морская технология включает в себя: информацию и данные в удобном для пользователя формате о морских науках и связанных с ними морских операциях и услугах; инструкции, руководства, критерии, стандарты, справочные материалы; оборудование для отбора проб и методологическое оборудование; оборудование для наблюдения, анализа и экспериментов *in situ* или в лабораторных условиях; компьютеры и программное обеспечение, включая модели и технологии моделирования; экспертизы, знания, навыки, технические/научные/юридические ноу-хау и аналитические методы, связанные с морскими научными исследованиями и наблюдением [Критерии МОК, 2005, с. 9].

В работах отечественных специалистов отмечается, что при поиске и фиксации объектов ПКН используются спутниковые системы навигации, навигационное программное

обеспечение и электронные навигационные карты, гидроакустические средства, магнитометры и т.д. [Дунчевская и др., 2012].

На взгляд автора, указанные выше технологии соотносятся с морскими технологиями, перечисленными в Критериях МОК. Соответственно правовое регулирование передачи технологий в области управления ПКН может осуществляться по аналогии с морскими технологиями в рамках МОК ЮНЕСКО. Вместе с тем, ранее нами отмечалось, что механизм передачи технологий, предусмотренный МОК ЮНЕСКО нуждается в существенной корректировке [Anisimov, Gulyaeva, 2021].

Заключение

На данный момент в международном праве отсутствует международно-правовой акт, который бы регулировал вопросы передачи и использования морских технологий в сфере управления подводным культурным наследием. Более того, как показал анализ международно-правовых актов и научных исследований, морская археология не охватывается положениями Части XIII Конвенции ООН по морскому праву 1982 г. Вместе с тем, ряд ее положений, регулирующих осуществление морских научных исследований, носят фундаментальный характер и могут быть применены по аналогии к деятельности, направленной на подводное культурное наследие.

В области подводной археологии и защиты подводного культурного наследия сформировалась межгосударственная практика, в соответствии с которой разработка и передача технологий происходит в рамках универсальных, региональных и субрегиональных механизмов. Автор считает, что международно-правовое регулирование передачи технологий в области управления подводным культурным наследием может происходить в рамках Межправительственной океанографической комиссии ЮНЕСКО, что способствовало бы учету интересов развивающихся государств-участников Конвенции об охране подводного культурного наследия 2001 г.

Список литературы

Анисимов И.О. Международно-правовое регулирование разработки, передачи и использования морских технологий // Вопросы подводной археологии, 2019. - №10. - С. 3-21.

Анисимов И.О. Международно-правовые проблемы разработки, передачи и использования морских технологий // Электронное сетевое издание «Международный правовой курьер», 2020. - № 4. - С. 28-36.

Дунчевская С.В., Сычев В.А., Фазлуллин С.М. Современные методы поиска и фиксации объектов подводного культурного наследия // Юридические и методические вопросы изучения и сохранения подводного культурного наследия. Сборник статей. – Москва, Рыбинск: ОАО Рыбинский дом печати. – 2012. – С. 199–208.

Словарь международного права / отв. ред. С. А. Егоров. - Изд. 3-е, перераб. и доп.- Москва: Статут, 2014. – 494 с.

Anisimov I.O., Gulyaeva E.E. Promoting the development and transfer of marine technologies as a mechanism for implementing the sustainable development goals: international legal aspect // Direitos autorais, 2021. Revista Opinião Jurídica (Fortaleza). DOI: http://dx.doi.org/10.12662/2447-6641oj.v19i32.p184-201.2021

The UNESCO Training Manual for the Protection of the Underwater Cultural Heritage in Latin America and the Caribbean // UNESCO and the Cultural Heritage Agency of the Netherlands (RCE), 2021. 517 P.

Конвенция ООН по морскому праву (Монтего-Бей, 10 декабря 1982 г.) // СЗ РФ. – 1997. – № 48 от 1 декабря.

Конвенция об охране подводного культурного наследия (Париж, 2 ноября 2001 г.) // Нормативные акты ЮНЕСКО по охране культурного наследия. – М.: ЮниПринт, 2002.

Оперативные руководящие принципы для Конвенции об охране подводного культурного наследия CLT/HER/CHP/OG 1 // ЮНЕСКО. – Август 2015. – 56 с.

Intergovernmental Oceanographic Commission. IOC Criteria and Guidelines on the Transfer of Marine Technology (CGTMT)/Paris, UNESCO. – 2005. 68 pp. (IOC Information document, 1203).

УДК 904

КУРС ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ «УПРАВЛЕНИЕ МОРСКИМ И ПОДВОДНЫМ КУЛЬТУРНЫМ НАСЛЕДИЕМ»: ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ, СТРУКТУРА

PROFESSIONAL RETRAINING COURSE «MANAGEMENT OF MARINE AND UNDERWATER CULTURAL HERITAGE»: GOALS, OBJECTIVES, STRUCTURE

Фазлуллин Сергей Маратович
Российский государственный гуманитарный университет, Москва, Россия

Fazlullin Sergey
Russian State University for the Humanities, Moscow, Russia

Введение

Начиная с принятия в 2001 году конвенции ЮНЕСКО о сохранении подводного культурного наследия, вопрос организации системы охраны историко-культурных памятников активно обсуждался и в России. Однако, принятое к тому времени законодательство в отношении управления водными ресурсами, предполагало их централизацию на федеральном уровне. При этом охрана объектов культурного наследия проводилась на уровне региональном. Создавать специальный орган по охране подводного культурного наследия на федеральном уровне не считалось целесообразным, а для наделения новыми полномочиями региональные службы нужно было провести определенные законодательные изменения. Эти юридические ножницы можно было устранить присоединением России к конвенции ЮНЕСКО 2001 года, но сам текст конвенции создавал угрозы суверенитету страны в пределах российской юрисдикции на море. Поэтому ведущие министерства не рекомендовали принимать эту конвенцию и вводить в отечественное законодательство.

Вопросы, которые необходимо было решить

1. Какая организация от имени государства будет вести работу по охране Наследия в морской зоне?
2. Каким образом будет выявляться и фиксироваться памятник и границы участка, на котором он расположен?
3. Каким образом будет организована охранная зона и её маркировка?
4. Как будут описываться эти участки – в географических или геодезических координатах, и кто будет вести учет таких объектов?
5. Каким образом будет организована система доступа граждан к историко-культурным объектам?

За последующие с 2001 года время в России выдвигалось несколько вариантов предложений решения проблемы. Значимый вклад в проработку вопроса внесло научное сообщество, сложившееся в рамках деятельности Ассоциации морского наследия России, Межведомственная комиссия по морскому наследию, Комитет по культуре Государственной думы предыдущего созыва. Неизменным локомотивом группы разработчиков был депутат Ленсовета Ковалев Алексей Анатольевич.

Вопрос начал решаться через внесение поправок в российское законодательство. Первая группа поправок в несколько законодательных актов была утверждена президентом России В. В. Путиным 11 июня 2021 года. Эти поправки вступают в силу с 1 января 2022 года. Что изменилось в задачах региональных комитетов по сохранению культурного наследия в новом варианте?

Первое, что сделали законодатели, — это отрегулировали терминологические вопросы. Ранее в профессиональной среде использовалось несколько терминов: **подводное культурное наследие, подводное археологическое наследие, морское наследие**. В настоящее время введено в оборот **объекты культурного наследия в пределах внутренних морских вод и территориальном море Российской Федерации.**

Второе, — это внесение в 73-ФЗ новых полномочий: «Статья 94. Осуществление полномочий органов государственной власти субъекта Российской Федерации в области сохранения, использования, популяризации и государственной охраны объектов культурного наследия во внутренних морских водах Российской Федерации и территориальном море Российской Федерации.»

Третье, - было введено в обязанности Росреестра **ведение сведений об объектах наследия под водой.** В 73-ФЗ внесено: в подпункте 11 пункта 3 статьи 202 слова "государственный кадастр" заменить словами "Единый государственный реестр", слова "государственного кадастра недвижимости, осуществления кадастрового учета и кадастровой деятельности" заменить словами "Единого государственного реестра недвижимости, осуществления государственного кадастрового учета недвижимого имущества, государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним, предоставления сведений, содержащихся в Едином государственном реестре недвижимости".

Кроме этого, Правительство РФ в сентябре вывело из-под юрисдикции экологических надзорных органов – экологической экспертизы, объекты культурного наследия. Распоряжение Правительства РФ от 7 сентября 2021 г. N 2479-р: Объекты социальной и транспортной инфраструктур, проектная документация на строительство, реконструкцию которых в соответствии с абзацем вторым подпункта 7.9 Статьи 11 федерального закона "об экологической Экспертизе" не является объектом государственной Экологической экспертизы: 20. Объекты, являющиеся объектами культурного наследия.

Сохранение и государственная охрана объектов культурного наследия

При всей полезности осуществленных шагов, сложившаяся ситуация ставит перед региональными органами государственной власти субъекта Российской Федерации ряд вопросов:

1. Расширение территорий ответственности за счет присоединения площади территориального моря, где эти организации ранее не работали!

2. Существенное изменение функционирования региональных органов надзора за объектами культурного наследия. Если ранее они отвечали за "охрану памятников истории и культуры", то теперь их зона ответственности расширяется и уточняется как "сохранение, использование, популяризация и государственная охрана объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации

Несмотря на то, в текстах ряда законодательных актов словосочетание «сохранение, использование, популяризация и государственная охрана объектов культурного наследия» широко используется, реальное развитие по каждому из этих направлений не происходит. В

основном эти подразделения работают как надзорные органы, использующие бухгалтерский подход. Хотя законодательство дает им возможности организовывать и реализовывать современные культурные проекты. В таких организациях, как правило отсутствует творческое начало.

Сохранение объектов культурного наследия - меры, направленные на обеспечение физической сохранности и сохранение историко-культурной ценности объекта культурного наследия, предусматривающие консервацию, ремонт, реставрацию, приспособление объекта культурного наследия для современного использования и включающие в себя научно-исследовательские, изыскательские, проектные и производственные работы, научное руководство проведением работ по сохранению объекта культурного наследия, технический и авторский надзор за проведением этих работ.

Использование объектов культурного наследия — эксплуатация объектов культурного наследия без изменения их особенностей в целях развития науки, образования и культуры, патриотического, идейно-нравственного и эстетического воспитания населения, а также в хозяйственных и иных целях, если это не наносит ущерба сохранности объектов культурного наследия и не нарушает их историко-художественной ценности.

Популяризация объектов культурного наследия - представляет собой деятельность, направленную на организацию общественной доступности и восприятия объектов культурного наследия, формирование понимания необходимости его сохранения, духовно-нравственное и эстетическое воспитание, повышение образовательного уровня, организацию досуга, а также иные мероприятия, связанные с обеспечением государственной охраны, сохранения, использования объектов культурного наследия.

Государственная охрана объектов культурного наследия - Под государственной охраной объектов культурного наследия понимается система правовых, организационных, финансовых, материально-технических, информационных и иных принимаемых органами государственной власти Российской Федерации и органами государственной власти субъектов Российской Федерации в пределах их компетенции мер, направленных на выявление, учет, изучение объектов культурного наследия, предотвращение их разрушения или причинения им вреда, контроль за сохранением и использованием объектов культурного наследия в соответствии с настоящим Федеральным законом.

Все вышеперечисленное можно объединить одним словом – Управление культурного наследия. Под управлением культурными объектами подразумевается комплекс мероприятий по сохранению, использованию, популяризации и охране таких объектов, а также проведение различных экспертиз. А применительно к вновь обретенным объектам внутренних морских вод и территориального моря, - Управление морским и подводным культурным наследием.

Решение проблемы подготовки кадров

При анализе новых задач, поставленных законодательством перед региональными органами сохранения объектов культурного наследия отчетливо видно, что эти задачи требуют специалистов, подготовленных с определенными знаниями, навыками и компетенциями, которые могут дать возможность принимать участие в управлении объектами культурного наследия. Еще большие требования предъявляются к специалистам, способным заниматься управлением морским и подводным культурным наследием. К сожалению, не только в России, но и в мире практически нигде не готовят таких специалистов. В какой-то момент было заблуждение, что программы по подготовке

подводных археологов, которые появились в мире намного раньше, могут быть использованы для подготовки специалистов по управлению морским и подводным культурным наследием, но эти ожидания не оправдались. Цели и задачи подводной археологии и управления морским и подводным культурным наследием существенно расходятся.

Вопрос подготовки специалистов по управлению объектами морского и подводного культурного наследия разработан на кафедре музеологии РГГУ. Образовательная программа в рамках магистратура кафедры музеологии РГГУ, блок дисциплин профессиональной специализации «Управление морским и подводным культурным наследием» (510 ч.) направлена на формирование у студентов компетенций по комплексу знаний междисциплинарного характера об истории, теории и практике сохранения морского и подводного культурного наследия, необходимых для ведения профессиональной деятельности в органах управления объектами культурного и природного наследия, в научно-исследовательских учреждениях, музеях.

Программа предусматривает освоение новых профессиональных компетенций, необходимых для обеспечения участия в разработке и реализации проектов, связанных с сохранением, освоением и актуализацией морского и подводного культурного наследия, обусловленных изменениями в 73 Федеральном законе в 2021 году. Программа знакомит студентов с одним из быстро развивающихся направлений изучения и сохранения отечественного культурного наследия в объемах, достаточных для возможного принятия решения по дальнейшей специализации в этом направлении и написании дипломной работы по этой тематике.

Программа разработана в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 51.03.04 «Музеология и охрана объектов культурного и природного наследия».

Программа впервые в российской университетской практике включила новые идеи по развитию и продвижению голубой экономики, нового направления в рамках системы ценностей и приоритетов морского пространственного планирования. На концепте голубой экономики строится устойчивый экономический рост, опирающийся на ресурсы приморских регионов: транспорт, логистические центры, аквакультура и добыча морепродуктов, переработка пищевых ресурсов, туризм.

Элементы голубой экономики начали просматриваться на Черном море, Каспии, Южном Приморье. Важной составляющей этих экономических агломераций является морской туризм. Выявленные и актуализированные объекты культурного наследия в таких зонах являются важными элементами туристского каркаса, вносящие существенный вклад в капитализацию туристской отрасли.

В программу включены и вопросы, детально освещающие деятельность ЮНЕСКО по морскому и подводному культурному наследию, и стратегические цели в рамках десятилетия ООН посвященном наукам об Океане.

Учебные блоки, из которых состоит программа:

-Культурное наследие: международное и отечественное законодательство.

-Основы музееведения. Охрана объектов культурного и природного наследия.

-Гидрокультурное наследие: структура, формирование, изучение, сохранение, актуализация.

-Методы изучения и сохранения объектов наследия на акваториях. Подводная археология. Подводное культурное наследие.

-Организация управления морского и подводного культурного наследия. Лучшие мировые практики и проблемы их реализации на территории РФ.

-Написание итоговой квалификационной работы

УДК 902.21

ПОДВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ПЕРМСКОГО КРАЯ: ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ

UNDERWATER OBJECTS OF THE HISTORICAL AND CULTURAL HERITAGE OF THE PERM KRAI: PROBLEMS OF STUDY AND PRESERVATION

Головчанский Григорий Петрович[1], Константинов Аркадий Александрович[2]
[1] Пермский государственный национальный исследовательский университет
[2] Пермский филиал Волжского университета водного транспорта

Golovchansky G.P.[1], Konstantynov A.A.[2]
[1] Perm State University
[2] Perm branch «Volga State University of Water Transport»

Введение

Пермский край имеет богатое археологическое наследие. Первые поселения, обнаруженные на его территории в бассейне среднего и верхнего течения р.Камы, датируются второй половиной среднего плейстоцена – не позднее 250 тыс. лет назад. Последующие исторические эпохи – вплоть до новейшего времени – также представлены соответствующими археологическими памятниками. В настоящее время в Пермском крае стоят на государственном учете свыше 1815 памятников археологии. Богатое археологическое наследие во многом определено особенностью географического положения края, в том числе наличием значительного количества больших и малых рек; возникновение и существование со времен глубокой древности Камского торгового пути предопределило транзитную значимость региона, способствовало появлению на его территории артефактов, связанных с иными народами и культурами. Во время исследований памятников, расположенных на территории Пермского края, обнаружены египетские, римские, иранские, китайские, арабские, европейские вещи. На территории Пермского края шли сложные этнические процессы. Все это определило интерес археологов к историческому наследию региона, первые описания археологических памятников датируются XVIII в. (И,И.Лепехин, Н.П.Рычков, Г.Ф.Миллер и др.) , а первые раскопки были осуществлены в начале XIX в. (В.Берх). В настоящее время в Перми существует несколько археологических экспедиций, ежегодно ведутся масштабные исследования археологических памятников различных эпох и культур.

На протяжении тысячелетий на территории Прикамья шли сложные геоморфологические процессы, реки меняли русла. В XX в.в связи с возведением Камской и Воткинской ГЭС значительная часть территорий оказалась затоплена водохранилищами – вместе с археологическими памятниками, находящимися на низких террасах

Интенсивная эксплуатация водных путей в различные эпохи – в том числе в эпоху нового времени, когда на Урале возникали и активно работали металлургические заводы - приводила к тому, что значительная часть судов гибла и тонула, и в настоящий момент покоится на дне водоемов.

Таким образом есть основания полагать, что значительная часть объектов историко-культурного наследия (археологические памятники а также погибшие суда, относящиеся к разным историческим эпохам) находится на дне водоемов Пермского края.

В настоящее время впервые разрабатывается комплексная программа изучения акваторий Пермского края, основной из задач которой является поиск, изучение и сохранение объектов историко-культурного наследия, находящихся под водой. На подготовительном этапе в 2020-2021 гг. проводилось исследование дна рр.Чусолвая, Сылва и Кама в районе г.Перми. Отрабатывались методы инструментального поиска подводных объектов, определялись перспективные направления будущих исследований.

Данные и методы

Основной задачей предварительного этапа исследований была проверка гипотезы о наличии объектов, представляющих историко-культурную ценность, на дне водоемов Пермского края и отработка методики их поиска и идентификации.

В качестве объектов поиска были выбраны затопленные суда; классические памятники археологии – поселения и могильники – на данном этапе были исключены, так как их изучение можно провести только в рамках полномасштабных подводных археологических работ, требующих значительных ресурсов и иного уровня готовности. Кроме того, затопленные суда являются теми объектами, которые можно обнаружить без погружений, используя технические средства поиска.

В качестве района поиска была выбрана акватория рр.Камы, Чусовой и Сылвы в непосредственной близости от г.Перми. Это участки, с одной стороны, по которым в XVIII-XX вв. осуществлялось плавание судов и перевозка грузов, с другой стороны, наиболее подвергнутые антропогенному воздействию в XX в. (чистки фарватера, обустройство водохранилища гидроэлектростанции), на дне рек в этом месте находится большое количество объектов, затопленных в XX в. и не представляющих особой ценности – практически идеальная площадка для отработки методов приборного поиска и интерпретации его результатов.

Поиск осуществлялся с использованием гидролокатора бокового обзора Неман, магнитометра OGF-W, подводного дрона Chasing M2.

Для выявлений перспективных направлений поиска также осуществлялся опрос местных жителей (рыбаков), располагающих сведениями о затопленных объектах.

Обнаруженные подводные объекты сортировались по внешним признакам: обладавшие четкими контурами, характерными для судов, маркировались на карте, фиксировались GPS-координаты.

Для проверки истинности интерпретации, к ним совершались пробные погружения. Во время погружений осуществлялась фотофиксация деталей объектов, по возможности фиксировались их размеры. Документировались данные водолазами описания объекта, его видимых характеристик.

В дальнейшем осуществлялся поиск и анализ архивных данных, благодаря которому осуществлялась идентификация найденных судов. Корпус письменных источников составили документы начала XX в. с описанием утонувших судов в акватории рр.Чусовой, Камы и Сылвы, а также сохранившиеся фотографии пароходов середины XX в..

Результаты предварительного этапа исследований. Обнаруженные объекты и их интерпретация

В ходе работ 2020-2021 гг. было выявлено свыше сорока объектов, интерпретированных как затонувшие суда.

К четырем из них были совершены погружения водолазов, а также были задействованы подводные дроны для кино-и фотофиксации.

Обнаруженные суда отличаются по типу, времени постройки, по материалам, из которых выполнены корпуса.

Наиболее древнее судно было обнаружено в акватории р.Кама близ архитектурно-этнографического музея «Хохловка», с.Хохловка Пермского района, бывшего Хохловского медеплавильного завода (XVIII в.).

Судно обнаружено гидролокатором, к нему были осуществлены погружения дрона и пробные погружения водолазов.

Судно находится в 200 м от берега, в старом русле р.Кама, на глубине 21 м от поверхности, ориентировано по направлению СЗ-ЮВ, что примерно соответствует течению Камы на данном участке.

Заиленность судна, низкая прозрачность воды (0.2-06 м) позволяют выявить только его приблизительные характеристики. Длина судна около 25 м, ширина – около 5 м. Судно плоскодонное, деревянное, с одинаково острым носом и кормой, высота борта до 1 м., имело мачту. В донном иле сохранились фрагменты паруса судна, железные элементы креплений.

Судно затонуло близ пристани Хохловского медеплавильного завода, в корпусе судна были обнаружены фрагменты медистого песчаника.

Хохловский медеплавильный завод, близ пристани которого обнаружено судно, был основан М.Строгановой в 1755 г. Выплавка меди колебалась от 30 до 40 пудов в год и была прекращена вскоре после покупки завода И.Лазаревым в 1784 г. из-за нерентабельности. Об убыточности производства писал Н.П.Рычков, оставивший описание завода 1770 г. Железо в качестве материала для крепежей при строительстве судов на Урале начали активно использовать с XVIII в.

Полученные результаты позволяют с осторожностью интерпретировать судно как один из вариантов барки, использованной, предположительно, для обеспечения Хохловского медеплавильного завода медистым песчаником и датировать ее периодом 1755-1784 гг. Однако нельзя исключить случайное попадание медистого песчаника в корпус судна, тогда эта интерпретация окажется ошибочной. С целью уточнения датировки судна были взяты образцы корпуса на радиоуглеродный анализ, однако из-за загруженности лабораторий, на момент написания тезисов результаты не были получены.

Деревянная баржа была выявлена в р.Кама, близ с.Заозерье г.Перми, в 400 м от правого берега, на глубине 24 м. Обнаружено гидролокатором, была осмотрена водолазами. Длина баржи около 40 м, ширина около 20 м. Баржа имеет квадратный нос, конструктив судна полностью сохранен, имеются повреждения корпуса, которые и привели к затоплению судна. Точная локализация судна позволила произвести его идентификацию по сохранившимся в ГАПК документам: это деревянная баржа Волжского типа 1911 г. постройки, принадлежала купцу А.Ф.Морозову, использовалась для перевозки сена и затонула в 1919 г., получив повреждения корпуса от столкновения с осенним льдом.

Деревянная землечерпалка, с сохранившимися металлическими фрагментами агрегатов, обнаружена на месте слияния Камы и Чусовой. Находится на глубине 22-23 м., в старом

русле. Судно разрушено взрывом, сильно фрагментировано и заилено. Вероятно, землечерпалка принадлежала к 200 кораблям Камской речной боевой флотилии, уничтоженной адмиралом Смирновым весной 1919 г. во время подготовки отступления из г.Перми войск Колчака.

В ходе опроса местных жителей п.Сылва Пермского района Пермского края была получена информация о том, что близ берега р.Сылва в районе п.Сылва с 60-х гг. XX в. лежит затонувшее судно. Использование ГБО позволило локализовать его в акватории р.Сылва, приблизительно определить его размеры. Обследование судна методом погружений с целью проведения метрических измерений и фотофиксации объекта зимой 2020 г. проводили водолазы Уральского центра подводных исследований (г.Пермь) при активном участии Центра подводных исследований Русского географического общества. Интерпретация полученных результатов проводилась с привлечением корпуса архивных источников XX в. (фотодокументы).

Судно находится на глубине 18-19 м. в 150 м. от берега, в судовом ходе, ориентировано по направлению СЗ-ЮВ. Длина судна 82 м, ширина судна 15 м. Надстройки сохранились фрагментарно, но их разрушение произошло уже после затопления судна. Сохранились два гребных колеса, 5 труб различного назначения, фрагментарно – корабельные надстройки. Корпус имеет повреждения, связанные, предположительно, с попыткой достать судно с помощью лебедки, при закрепленном на носу тросе. Положение судна и характер его повреждений свидетельствуют о том, что оно затонуло внезапно для экипажа и не было подготовлено к затоплению.

Судно находится под мощным (до 1 м) слоем ила, однако характерные очертания корпуса, количество и расположение труб, особенности расположения шлюпки и конструктив кормы (форма и расположение водосливных отверстий, расположение лестницы и пр.) позволили интерпретировать судно, как колесный пароход «Вера Фигнер», спущенный на воду в 1904 г. под названием «Екатерина».

В ходе дальнейших исследований была восстановлена история парохода. Выяснилось, что во время Великой отечественной войны пароход осуществлял эвакуацию жителей Ленинграда и Сталинграда, имеет высокую историко-культурную и мемориальную ценность.

Заключение

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы.

Не смотря на активное антропогенное воздействие на русло и дно рек в зоне подпора Камского водохранилища, значительное число затонувших судов находится под водой. Сохранность и количество судов определяется, прежде всего, глубиной их залегания: предположительно сохранились те суда, которые затонули на больших глубинах. С меньших глубин был организован подъем судов в в XIX-XX вв.

Локализация судов уверенно осуществляется с помощью технических средств – вне зависимости от типа судна и материала, из которого оно было построено (дерево, металл). Четкость сигнала определяется степенью заиленности дна и выявляемого объекта. Идентификация судов возможна на основе данных о месте его гибели, анализа конструктивных особенностей, полученных в ходе визуального обследования судна как водолазами, так и подводным дроном, с применением сравнительного метода для анализа широкого корпуса письменных и фото-документов.

Присвоение выявленным объектам статуса объектов историко-культурного наследия с последующим внесением в государственный реестр ОКН затруднено, в силу того, что в настоящий момент нет четкой процедуры, описывающий процесс постановки на учет затонувших кораблей.

Благодарность

Авторы благодарят Центр подводных исследований Русского географического общества и его руководителя С.Г.Фокина за бесценную помощь в организации поисковых мероприятий, Уральский центр подводных исследований и водолазов-исследователей В.Колесникова, А.Маркова, А.Кенгурогова, М.Пивоварова.

Список источников и литературы

Г.П.Головчанский, А.Ф.Мельничук. Древняя и средневековая история Прикамья в цикле экскурсионных программ: учебное пособие. Перм.гос.нац.исслед. ун-т. – Пермь, 2014. С. 4-16.

В.Берх. Путешествие в города Чердынь и Соликамск для изыскания исторических древностей. – Пермь: Издательство «Литер-А», 2009. С.146-147.

П.Богославский. О купеческом судостроении в России, речном и прибрежном. СПб.: Типография Морского министерства, 1859.

Т.В.Харитонов. Медеплавильные заводы Пермского края. Пермь, 2011. С.36-37.// http://geo.web.ru/db/msg.html?mid=1185255&uri=cufactories.pdf

Государственный архив Пермского краяПивоваров. Фонд 196 (422), Опись 1, д. 59. Материалы по подъему затонувших судов в устье р.Чусовой и Камы.

ИЗУЧЕНИЕ ЗАТОПЛЕННЫХ ПАЛЕОЛАНДШАФТОВ В СЕВЕРНОЙ АМЕРИКЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

SUBMERGED PALEOLANDSCAPES IN NORTH AMERICA: PROBLEMS AND PERSPECTIVES ON EXPLORATION

Борисова Галина Александровна
Российский государственный гуманитарный университет

Borisova Galina
Russian State University for the Humanities

Введение

В периоды ледниковых максимумов обнажались обширные территории суши, соединявшие Евразию и Северную Америку. Исследования затопленных палеоландшафтов являются ключевым фактором для понимания и интерпретации раннего заселения человеком Американского континента. Кроме того, изучение затопленных палеоландшафтов предоставляет возможность получить новые сведения об изменениях климата и реакции человека на изменение уровня моря, о путях миграции в Северной и Южной Америке и ранней эксплуатации морских ресурсов.

В настоящее время в Европейских странах проводятся активные исследования континентального шельфа и затопленных палеоландшафтов. В Северной Америке данной теме уделяется меньше внимания, хотя подобные исследования позволяют ответить на вопросы о сроках заселения Американского континента, т.к. обширные территории, по которым проходили волны миграции, в настоящее время находятся под водой.

В США в настоящий момент активно разрабатываются различные модели и алгоритмы, позволяющие моделировать палеоландшафты и выявлять наиболее перспективные участки для подводных исследований. По мере развития технологий моделирования палеоландшафтов становится все более очевидным, что данные модели должны быть региональными и учитывать прежде всего геологические, палеоэкологические и археологические особенности конкретного региона, для которого они разрабатываются. Например, в рамках работ по изучению палеоландшафтов северных территорий необходимо, помимо прочих данных, учитывать и моделировать площади оледенения в различные периоды.

Стоит отметить, что восточное и западное побережья Американского континента существенно отличаются друг от друга с точки зрения геоморфологии. В целом, вдоль восточного побережья Северной, Центральной и Южной Америки находятся большие площади континентального шельфа, с небольшими глубинами и множеством заливов и эстуариев. Вдоль западного побережья полоса континентального шельфа гораздо уже, кроме того, это зона вулканической, сейсмической и тектонической активности, а также сильных течений, что негативно влияет на сохранность находок [Faught, Gusick, 2011]. Таким образом, реконструкция затопленных палеоландшафтов Тихоокеанского побережья и поиск затопленных памятников в данном регионе являются гораздо более трудными задачами. Наиболее высока вероятность обнаружить следы пребывания человека в заливах, бухтах и вокруг некоторых групп островов. Тем не менее, на настоящий момент работы по выявлению

затопленных палеоландшафтов ведутся на обоих побережьях. Отдельно стоит выделить работы в Британской Колумбии (Канада, западное побережье), Южной Калифорнии (Мексика, западное побережье), Флориде (США, восточное побережье) и на полуострове Юкатан (Мексика, восточное побережье).

Берингия

Сложность и дороговизна подобного рода исследований в высоких северных широтах значительно ограничили возможности археологов по поиску подводных археологических памятников. Подводные исследования затопленных археологических памятников два раза проводились в восточной Берингии, только один раз в центральной Берингии и ни разу в западной Берингии (на территории России).

Археологические данные северо-западного побережья Канады свидетельствуют о том, что данная территория являлась местом обитания человека примерно 12 200 лет назад, однако большая часть обитаемой территории в настоящее время затоплена. Недавние исследования демонстрируют, что большие районы Юго-Восточной Аляски и Британской Колумбии были покрыты оледенением в период от 21 000 до 17 000 лет назад, хотя вдоль побережья существовали рефугиумы – свободные ото льда районы, которые были пригодны для жизни. Приблизительно 16 000 лет назад большая часть данной территории уже была свободна от ледникового покрова и стала пригодной для проживания человека [Monteleone, Dixon, Wickert, 2012].

С открытием не покрытых льдом участков вдоль побережья, пригодных для жизни, и появлением новой информации о сравнительно ранних датах дегляциации вдоль северо-западного побережья Северной Америки, возрос интерес к гипотезе миграции, которая предполагает, что люди могли перемещаться на восток вдоль побережья Берингии с помощью лодорк, а затем на юг вдоль северо-западного побережья Северной Америки еще 16000 лет назад или, возможно, раньше. Однако побережье позднего плейстоцена в настоящее время находится под водой, и свидетельства раннего заселения континента могут находиться на глубинах до 165 м под водой [Dixon, Monteleone, 2014].

Обнаруженные в данном регионе окаменелости свидетельствуют о том, что мамонты и, возможно, другая плейстоценовая фауна сохранилась вплоть до голоцена. Останки карликовых мамонтов были обнаружены на островах Врангеля и Святого Павла, где животные были изолированы из-за повышения уровня моря. Виды постепенно уменьшались в размерах в результате пищевого стресса, вызванного сокращением их среды обитания, до тех пор, пока их размер не стал составлять всего 75% от первоначального. Мамонты выжили на острове Врангеля приблизительно до 4000 лет до н.э., а на острове Святого Павла они существовали по крайней мере до 5700 лет до н.э. Примечательно, что один из скелетов мамонта, датированный 6200 г. до н.э. был обнаружен на дне гавани Святого Павла, что свидетельствует о том, что археологический материал способен пережить морские трансгрессии и влияние морской среды [Yesner, Fisher, Tedor, 2010].

Было предпринято всего три научных попытки поиска древних затопленных памятников на континентальном шельфе Берингии. В 1976 г. на территории центральной части Берингии впервые была предпринята попытка оценить возможность проведения исследований с целью определения местоположения археологических памятников перед разработкой месторождений нефти. Съемка проводилась в Беринговом море примерно в 2 км к

северо-востоку от острова Святого Георгия. Исследование проводилось до появления точных батиметрических карт, систем глобального позиционирования (GPS) и географических информационных систем (GIS). При помощи моделирования на основе батиметрических данных, палеоэкологических реконструкций и оценки изменения уровня моря были определены отдельные участки, которые являлись потенциально перспективными зонами для выявления археологического материала. Однако выбранный для съемки участок был изменен из-за сильных ветров и штормов в Беринговом море, которые произошли в период проведения проекта. В результате была выбрана зона на подветренной стороне острова Святого Георгия, которая изначально не была определена как зона с высоким археологическим потенциалом. Съемка участка проводилась с использованием профилометра, гидролокатора бокового обзора и протонного магнитометра. Хотя никаких археологических материалов обнаружено не было, исследование продемонстрировало принципиальную возможность поиска затопленных археологических памятников в высоких широтах [Dixon, Monteleone, 2014].

Второе подводное археологическое исследование Берингии было предпринято в конце 1990-х гг. в прибрежных водах Британской Колумбии. Канадские археологи проводили продолжительные исследования на суше и под водой вокруг архипелага Хайда-Гуай на севере Британской Колумбии, рядом с южной границей Аляски. Исследования показали, что около 12000 лет назад вокруг архипелага Хайда-Гуай уровень моря был на 150 м ниже. В 1997 году с помощью многолучевого гидролокатора высокого разрешения, гидролокатора бокового обзора и телеуправляемого подводного аппарата (ROV) было нанесено на карту 10 км2 морского дна в западной части пролива Хекате, отделяющем острова от материка [Josenhans et al., 1997].

Е.Дж. Диксон и К. Монтелеоне начали третью исследовательскую работу в 2010 году на континентальном шельфе вокруг архипелага Александра. В первую очередь были исследованы районы, где местные рыбаки сообщили об обнаружении ряда артефактов на дне океана. Однако, как и в случае с некоторыми находками в Беринговом море, было невозможно проверить точные места обнаружения данных предметов.

Проект «Врата в Америку» (Gateway to the Americas Project) сфокусирован на поиске археологических памятников позднего плейстоцена на континентальном шельфе Берингии. В рамках проекта была разработана цифровая модель рельефа. Определенные места, демонстрирующие высокий потенциал для возникновения и сохранения археологических материалов, были определены с использованием принципов экологической, поселенческой и ландшафтной археологии. Модель определила геоморфологические особенности рельефа на дне, аналогичные тем, которые содержат археологические материалы в наземных условиях. К ним относятся слияния рек, берега озер, заливы и бухты, источники пресной воды, пещеры и др. [Dixon, Monteleone, 2014].

Полевые исследования в 2010 г. проводились с использованием гидролокатора бокового обзора, а также ТНПА, оснащенного двумя видеокамерами (с широким и стандартным углом обзора), внешними источниками света и пробоотборником. Комплексные междисциплинарные исследования, использующие данные батиметрии, сейсмического профилирования и отбор кернов, позволяют исследователям реконструировать палеоландшафты различных временных периодов [Dixon, Monteleone, 2014].

Канада

Вся северо-восточная часть Канады была покрыта Лаврентийским ледниковым щитом, толщина отдельных частей которого в периоды ледниковых максимумов составляла более 3 км. Наиболее существенные изменения палеоландшафтов Атлантического побережья Канады произошли в первые несколько тысяч лет после отступления ледников. В то время вдоль края континентального шельфа существовали крупные прибрежные острова, хотя в этом районе почти сразу же началась трансгрессия, значительно уменьшившая их размер до полного исчезновения, за исключением острова Сейбл. Однако в настоящее время подводные находки археологического материала в данном регионе фрагментарны и в основном случайны [Lacroix et al., 2014]. В настоящее время на атлантическом побережье Канады активно ведется работа по реконструкции затопленного палеоландшафта острова Ньюфаундленд. В рамках данного проекта К. Уэсли предложил 7-ступенчатую модель исследования затопленных палеоландшафтов. Каждый из этапов требует междисциплинарного сотрудничества и интеграции компьютерного моделирования, геофизических исследований, интерпретации палеоландшафта, палеоэкологического анализа и археологических исследований [Westley et al., 2011].

Кроме того, отдельно стоит выделить гавань Монтегю в Британской Колумбии, в которой сохранилась крупная раковинная куча, относящаяся к среднему голоцену. Донные отложения были изучены с помощью профилографа, после чего были отобраны несколько кернов. Данные исследования проводились в начале 1990-х гг. и являются одним из наиболее ранних примеров подобных работ [Easton, Moore, 1991].

Мексиканский залив

На полуострове Флорида и его ныне затопленном континентальном шельфе было зарегистрировано наибольшее количество затопленных доисторических памятников и отдельных артефактов в США. Находки в основном относятся к позднему плейстоцену, а также раннему и среднему голоцену. Кроме того, штат Флорида имеет развитое законодательство в сфере охраны подводного культурного наследия, которое изначально было разработано для защиты мест кораблекрушений при разработке месторождений полезных ископаемых на дне Мексиканского залива, а позже было экстраполировано на любые объекты подводного культурного наследия, включая затопленные палеоландшафты.

Важным аспектом реконструкции затопленных палеоландшафтов в данном регионе является моделирование русел рек и озер, рядом с которыми было возможно проживание человека, т.к. наиболее ранние выявленные наземные археологические памятники находятся вдоль русел рек и возле других источников пресной воды. Континентальный шельф Флориды представляет собой карстовое плато, которое сильно промывают русла рек, что позволяет реконструировать палеорусла рек, которые в настоящее время находятся под водой [Faught, 2014].

Один из наиболее успешных проектов по изучению затопленных палеоландшафтов Мексиканского залива проводился в начале 2000-х гг. в заливе Апалачи. Вдоль палеорусла реки Аусилла, которое в настоящее время находится под водой, было обнаружено большое количество археологических памятников. В настоящее время они находятся на расстоянии 6-9 км от современной береговой линии и на глубине от 4 до 6 м.

Во время последнего ледникового максимума береговая линия находилась на расстоянии приблизительно 185 км от современной, открывая обширные пространства, пригодные для жизни и хозяйственной деятельности человека. Для реконструкции затопленного

палеоландшафта использовался широкий набор данных. Гидролокатор бокового обзора и профилограф применялись для изучения геоморфологии дна и выявления наиболее перспективных зон для обследования подводными археологами. Кроме того, для получения дополнительных сведений использовались батиметрические карты и материалы аэрофотосъемки, которая прекрасно себя зарекомендовала при работах на небольших глубинах [Faught, 2004].

В рамках последующих водолазных обследований было обнаружено большое количество каменных орудий, датируемых различными периодами – от позднего плейстоцена до раннего голоцена. Водолазные обследования проводились в 52 местах, выбранных с помощью предварительного исследования, и в 36 из них был обнаружен археологический материал. В результате проекта было поднято более 4500 фрагментов обработанного камня, датируемых от позднего плейстоцена до среднего голоцена.

Кроме того, на этих участках было обнаружено значительное количество костей животных, включая как вымершие, так и современные виды, а также образцы древесины и моллюсков. Другие свидетельства наземных условий на этих участках включают вымершие и сохранившиеся остатки наземной фауны и сохранившиеся корневища деревьев. В эпоху позднего плейстоцена и раннего голоцена береговая линия находилась на значительном расстоянии и данная территория была покрыта деревьями и располагалась в глубине суши. Позже, в эпоху среднего голоцена, данная территория представляла собой травянистое болото с большим количеством ручьев [Faught, 2004].

Полуостров Юкатан, Мексика

Сеноты полуострова Юкатан являются настоящим кладезем находок позднего плейстоцена и раннего голоцена благодаря уникальным стабильным условиям водной среды: отсутствие солнечного света и температура воды около +25˚С на протяжении всего года обеспечивают отличную сохранность органических останков. В 2008 году в подводной пещере Ойо-Негро на Юкатане была сделана уникальная находка – на глубине 43 м был обнаружен человеческий череп и кости, которые являются одними из самых старых фрагментов человеческого скелета на Американском континенте. Это скелет девочки-подростка, которую назвали Найя, возраст останков оценивается в 12 000 – 13 000 лет. Анализ ее ДНК показал, что данная группа людей пришла из Берингии [Chatters et al., 2017].

Кроме того, на дне сенота было обнаружено большое количество фрагментов скелетов животных, среди которых саблезубый тигр, рыжая рысь, собака, очковый медведь, ошейниковый пекари, койот, кугуар, гигантский ленивец и др. Возраст самых ранних находок оценивается в 37000 лет, самых поздних – примерно 10 000 лет. Многие из этих видов, в том числе рысь и койот, также были обнаружены в плейстоценовых пластах в пещере Лольтун на Юкатане [Chatters et al., 2017].

Большое количество находок было обнаружено и в других сенотах и подводных пещерных системах полуострова Юкатан. В качестве одного из примеров можно привести подводную пещеру системы Актун-Ха, которая носит название «Пещера Предков», ее размеры составляют 70 м длину, 30 м в ширину и 10 м в высоту. В некоторых зонах пещеры археологами были обнаружены скопления угля от костров, возраст которых согласно радиоуглеродному анализу составляет 9100-9500 лет [González González et al., 2008].

Тихоокеанское побережье, Мексика

Работы по реконструкции затопленных палеоландшафтов ведутся и на Тихоокеанском побережье – отдельно стоит отметить проект по изучению затопленных палеоландшафтов вокруг острова Эспириту-Санто (Мексика). В ходе первой фазы проекта была проведена реконструкция палеоландашфта вокруг русла реки, и выявлены наиболее перспективные зоны для дальнейших подводных работ (в том числе с учетом интенсивности течений, осадконакопления и других факторов, влияющих на сохранность памятников и возможность их обнаружения) [Faught, Gusick, 2011].

Заключение

В 2021 г. в США была сделана потрясающая находка – на территории национального парка «Белые пески» были обнаружены окаменевшие отпечатки человеческих следов, которые на настоящий момент являются самыми древними четко датированными следами пребывания человека на Американском континенте. В культурном слое под ними и над ними находятся семена растений, которые были датированы с помощью радиоуглеродного анализа. Возраст следов группы людей оценивается в 21 000 – 23 000 лет, что соответствует времени последнего ледникового максимума [Bennett et al., 2021]. В данный период сухопутный мост между Чукоткой и Аляской был закрыт ледниками, что вновь отсылает нас к обширным перспективам изучения и реконструкции затопленных палеоландшафтов, интерпретации раннего заселения человеком Американского континента и поискам затопленных археологических памятников. На настоящий момент исследования затопленных палеоландшафтов в северных широтах крайне редки, одна выявленные находки свидетельствуют о том, что археологический материал способен пережить морские трансгрессии и агрессивное влияние морской среды.

Список литературы

Bennett M.R. et al. Evidence of humans in North America during the Last Glacial Maximum // Science. – 2021. – Vol 373, Issue 6562. – P. 1528-1531.

Chatters J.C. et al. Hoyo Negro: Tapping the Paleoanthropological and Paleoecological Potenial of a Deeply Submerged Underground Chamber on the Yucatan Peninsula, Mexico / The Archaeology of Underwater Caves. – United Kingdom: The Highfield Press, 2017. – P. 119-130.

Dixon J.E., Monteleone K. Gateway to the Americas: Underwater Archeological Survey in Beringia and the North Pacific / Prehistoric Archaeology on the Continental Shelf. – Springer, 2014. – P. 95-114.

Easton N.A., Moore C. Test excavations of subtidal deposits at Montague Harbour, British Columbia // International Journal of Nautical Archaeology. – 1991. – №20. – P. 269–280.

Faught M.K. Remote Sensing, Target Identification and Testing for Submerged Prehistoric Sites in Florida: Process and Protocol in Underwater CRM Projects / Prehistoric Archaeology on the Continental Shelf. – Springer, 2014. – P. 37-52.

Faught M.K. The Underwater Archaeology of Paleolandscapes, Apalachee Bay, Florida // American Antiquity, 2004. – 69 (2). – P. 275-289.

Faught M.K., Gusick A.E. Submerged Prehistory in the Americas / Submerged Prehistory. – Oxford, 2011. – P. 145-157.

González González A.H. et al. The Arrival of Humans on the Yucatan Peninsula: Evidence from Submerged Caves in the State of Quintana Roo, Mexico // Current Research in the Pleistocene. –

2008. – Vol. 25. [Электронный ресурс]. URL: http://www.latinamericanstudies.org/maya/Maya_caves.pdf (дата обращения: 14.11.2021).

Josenhans H., Fedje D., Pienitz R., Southon J. Early humans and rapidly changing Holocene sea-levels in the Queen Charlotte Islands – Hecate Strait, British Columbia, Canada // Science, 1997. – №277. – P. 71-72.

Lacroix D., Bell T., Shaw J., Westley K. Submerged Archaeological Landscapes and the Recording of Precontact History: Examples from Atlantic Canada / Prehistoric Archaeology on the Continental Shelf. – Springer, 2014. – P. 13-36.

Monteleone K., Dixon J.E., Wickert A.D. Lost Worlds: A predictive model to locate submerged archaeological sites in SE Alaska, USA // Conference: e-Papers from the 40th Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. – UK: Southampton, 2012. – Volume: Archaeology in the Digital Era. Volume II.

Westley K., Bell T., Plets R., Quinn R. Investigating Submerged Archaeological Landscapes: a research strategy illustrated with case studies from Ireland and Newfoundland, Canada / Submerged Prehistory. – Oxford, 2011. – P. 129-144.

Yesner D., Fisher D., Tedor R. Mammoths under stress: Stable isotopic analysis of mid-Holocene mammoth teeth from the Pribilof Islands, Bering Sea, Alaska // Abstract from the International Council for Archaeozoology. – Paris, 2010.

УДК 378

ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ПО МОРСКОЙ АРХЕОЛОГИИ В ЕВРОПЕЙСКИХ УНИВЕРСИТЕТАХ СЕТИ UNITWIN

FEATURES OF EDUCATIONAL PROGRAMS ON MARITIME ARCHEOLOGY IN THE EUROPEAN UNIVERSITIES OF THE UNITWIN NETWORK

Николаев Иван Романович[1,2]
[1]*АНО «Идеи для музеев», г. Москва*
[2]*Культурно-исторический центр «Светоч», г. Москва*

Nikolaev Ivan Romanovich [1,2]
[1]*ANO "Ideas for Museums", Moscow*
[2]*Cultural and Historical Center "Svetoch", Moscow*

Значительная часть работ в области морской и подводной археологии в настоящее время осуществляется лицами без профильного образования. Более того, практика крупных международных организаций и археологических центров зачастую ориентирована на привлечение и образование добровольцев.

Роль высших учебных заведений не становится меньше, но общее число вузов, ведущих подготовку морских археологов снизилось [Николаев, Горлов, 2020]. В качестве причин для этого можно назвать как высокую стоимость подводно-археологических работ, влекущих удорожание обучения, так и оптимизацию университетских структур, влекущих закрытие отдельных центров [Parham & Palma, 2008].

Отдельный интерес в данном контексте представляет сеть UNITWIN, учрежденная ЮНЕСКО в целях поддержки развития межуниверситетского сотрудничества и образования [Hulin, 2016]. Сеть включает одни из наиболее крупных и значимых университетов, ведущих подготовку морских и подводных археологов. Автором ранее рассматривалась педагогическая практика англоязычных стран, в частности, Великобритании [Николаев, 2020 ; Николаев, Горлов, 2020]. Анализ подходов к подготовке специалистов в европейских университетах сети UNITWIN позволит выявить особенности, характерные для отдельных стран и регионов.

В настоящее время сеть UNITWIN включает несколько вариантов членства [http://underwaterarchaeology.net/Membership.htm]:

- Полноправное членство – вуз предлагает полноценный курс по подводной или морской археологии;
- Ассоциированное членство – вуз предлагает дисциплину по подводной или морской археологии, или проводит тематические исследования;
- Признанные партнеры – государственные и общественные организации, работающие в области морской или подводной археологии, или с предметами подводного культурного наследия.

В рамках данного материала проанализирован опыт полноправных членов, к которым относятся Саутгемптонский университет (Великобритания), Университет Экс-Марсель (Франция), Кадисский университет (Испания), Университет Южной Дании (Дания), Университет Николая Коперника в Торуни (Польша), Варшавский университет (Польша).

В университетах Польши дисциплины и подходы значительно разнятся – в Варшавском университете подготовка ведется в рамках аспирантуры [https://www.archeologia.uw.edu.pl/studia-podyplomowe-archeologia-podwodna/program-studiow-archeologia-podwodna/], в Университете Николая Коперника в Торуни же – в рамках бакалавриата, где дисциплины являются составляющей более широкого археологического профиля и включены в специализацию по выбору [https://umk.bip.gov.pl/programy-studiow-archiwalne/archeologia.html].

В Кадисском университете, и университете Экс-Марсель, как и в Саутгемптоне [Николаев, 2020], курсы морской археологии включен в состав магистратуры. Отличительной особенностью программы Кадисского университета можно назвать наличие выбираемых специализаций, позволяющих получить углубленные знания в области архивного дела, вопросов древнего или современного кораблестроения [https://www.univ-amu.fr/en/public/master-maritime-and-coastal-archaeology].

Университет Экс-Марсель не публикует точный перечень дисциплин. Исходя из информации, представленной на сайте программы, можно понять, что основой программы является подводно-археологическая подготовка и дисциплины, т.к. значительная роль в программе отведена дайв-подготовке [https://eidemar.uca.es/master-arqueologia-nautica-y-subacuatica/].

Университет Южной Дании, прекратил подготовку магистров после ухода на пенсию руководителя, Тийса Маарлевельда, в 2018 г. [Marila & Ilves, 2020].

Перечень преподаваемых дисциплин представлен в Таблице 1:

	Археологические дисциплины	**Тематические дисциплины**
Варшавский университет	Подводная археология Балтийского и Северного морей Подводная археология Черного моря Подводная археология Средиземного и Адриатического морей Подводная археология на суше Морская археология Физика дайвинга для археологов Введение в археологию для дайверов Физиология и патофизиология дайвинга для археологов Методика подводных археологических исследований Биоархеология Археологическая фотография и подводная фотография	История дайвинга и подводной археологии Источниковедение подводной археологии Судостроение для археологов Музеология Защита подводного археологического наследия Геология морского дна Методика написания годовой статьи Защита интеллектуальной собственности Здоровье и безопасность Полевые работы Рисунок Консервация памятников
Университет Николая Коперника, Торунь	Подводная археология Северного и Балтийского морей Подводная археология Средиземноморского бассейна Подводная археология внутренней зоны Европы	Подводная археология в музеологии Управление проектами в подводной археологии

	Историческая морская археология Методология подводных археологических исследований Избранные вопросы экологической археологии	
Кадисский университет	Введение в морскую и подводную археологию Методы и подходы: от перспективы к работе Науки и прикладные методы	Сохранение, охрана и популяризация подводного культурного наследия Введение в палеографию и дипломатику (по выбору) Исследование подводного культурного наследия в архиве (по выбору) Научные исследования древних лодок (по выбору) Научные исследования кораблей из средневекового и современного периода (по выбору) Земельная инфраструктура и морские знания Морская архитектура Навигация в античности Морская экспансия Стажировка
Университет Экс-Марсель (в качестве дисциплин перечислены темы, указанные на интернет-портале программы)	Портовая и прибрежная археология Военно-морская археология Археология морской торговли Глубоководная археология Методологическая и техническая подготовка Организация подводно-археологических работ Инструментальное обнаружение Подводное плавание	Палеоэкология Оценка и публикация исследований Топография Фотограмметрия ГИС 3D моделирование
Университет Саутгемптона	Прикладная морская археология Анализ археологических остатков фауны Биоархеология человеческих останков Морская археология	Морские аспекты культуры История мореплавания в Средиземноморье Концепции истории человеческого происхождения Культурное наследие в рамках оценки воздействия на окружающую среду Морские музеи и управление наследием Профессиональная практика в секторе археологического и культурного наследия Анализ палеолитических каменных инструментов Остеоархеология Палеопатология Материалы, технологии и социальная жизнь

Таблица 1. Дисциплины, преподаваемые в университетах сети UNITWIN

Комментируя рассмотренные результаты, стоит отметить высокую концентрацию профильных дисциплин в составе большинства программ. Подход к формированию программы Кадисского университета отличается от других вузов и результатов, полученных в результате изучения практик англоязычных стран [Николаев, Горлов, 2020]. В то время, как наиболее часто вузы приморских городов показывают усиленный интерес к практике морской археологии, программа университета Кадиса более общеобразовательная.

Кроме того, стоит отметить особенности программ Польских университетов – ввиду геологического положения, отдельное внимание уделяется археологии внутренних вод, а практика относительно морей разделена по водоемам, в то время как большинство вузов в качестве отдельной дисциплины выделяют археологию Средиземноморья.

В ходе обзора деятельности ассоциированных членов UNITWIN было выявлено, что некоторые университеты, как, например, Университеты Ольстера и Брэдфорда, сократили программы до преподавания отдельных дисциплин или прекратили подготовку вовсе. В контексте схожего примера в Университете Южной Дании, автор считает нужным отметить важность проработки преемственности кадров при разработке академических программ. Несмотря на общую успешность исследований и академическую активность, увольнение, уход на пенсию или смерть ведущих сотрудников в большинстве случаев способствует закрытию направлений в целом.

Список литературы:

Николаев И. Р., Горлов И. О. Сравнительный анализ образовательных компонентов в программах подготовки в области морской и подводной археологии в англоговорящих странах и России / И. Р. Николаев, И. О. Горлов // Труды Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2020)». Том II (III): [сборник]. – Тверь : ООО «ПолиПРЕСС», 2020. – с . 214-217

Николаев И. Р. Подготовка специалистов в области морского культурного наследия: практика университетов Великобритании / И. Р. Николаев // Жизнь Земли. – 2020. – Т. 42. – № 2. – С. 188–197.

Marila M., Ilves K. Long-term Degree Program Success in Maritime Archaeology / Marko Marila, Kristin Ilves. – Helsinki : University of Helsinki, 2020. – 116 p.

Parham D., Palma P. Training and Maritime Archaeology in a University Context / D. Parham, P. Palma // Journal of Maritime Archaeology. – 2008. – vol. 3(2). – pp. 59–68

Hulin L. Connections in Time and Space / Linda Hulin // Palestine Exploration Quarterly. – 2016. – vol. 148(4). – pp. 225–226.

http://underwaterarchaeology.net/Membership.htm

https://www.archeologia.uw.edu.pl/studia-podyplomowe-archeologia-podwodna/program-studiow-archeologia-podwodna/

https://umk.bip.gov.pl/programy-studiow-archiwalne/archeologia.html

https://eidemar.uca.es/master-arqueologia-nautica-y-subacuatica/

УДК 902.034

ЛЕДОВОЕ ПОБОИЩЕ: ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОЙ ЭКСПЕДИЦИИ 2021 Г.

ICE BATTLE: PRELIMINARY RESULTS OF THE INTEGRATED EXPEDITION 2021

Степанов Айвар Владимирович
Институт археологии РАН

Stepanov Aivar Vladimirovich
Institute of Archeology RAS

Введение

С XIX в. и по сей день исследователями высказываются различные версии локализации места Ледового побоища 1242 г., имевшего большое значение в истории Северо-Западной Руси. Проблема состоит в недостаточности информации о месте события в исторических источниках. Первая новгородская летопись описывает место так - «*на Чудском озере, на Узмени, у Воронея камени*», причем значение двух топонимов из трех ныне утрачено. Усилия исследователей были направлены на интерпретацию основных и косвенных данных, позволяющих построить логическую реконструкцию, при этом опирались они на современную им топографическую ситуацию. В 1956–1962 гг. комплексной экспедицией по уточнению места Ледового побоища (в 1958 г. действовавшей под эгидой АН СССР) были получены интересные результаты [Караев, 1966. С. 6–27]. Первая комплексная экспедиция выяснила, что на дне сохранились корневища деревьев, это обстоятельство позволило предположить, что уровень озера мог быть на 2-3 м. ниже современного. Был найден останец девонского песчаника с остатками кладки, который интерпретирован как «Вороний камень» - разрушенный водой и временем массив породы у основания которого была пограничная крепость (Городец). Третьей подводной находкой были остатки каменной кладки – фундамента, на котором была в 1458 г. построена деревянная церковь архангела Михаила, ограбленная и сожженная в следующем 1459 г. немецкими рыцарями. Стало очевидно, что без палеогеографической реконструкции Чудско-Псковского водоема все попытки определить место событий тщетны. На сегодняшний день известно, что 10-7,5 тысяч лет назад, после отступления ледника с южного побережья Финского залива, уровень воды понизился на 10 м. от современного, озеро сохранялось только в северной, наиболее глубокой части впадины Чудского озера. Затем, в результате гляциоизостатического поднятия, скорость которого в северной части Чудско-Псковской впадины была выше, чем с южной, появился подпор, в результате которого воды рек Великая, Эмайыги, Желча и др. заполнили котловины Чудского, Теплого и Псковского озер [Татарников, 2019. С. 184].

Прошло 60 лет со времени исследований комплексной экспедиции Г.Н. Караева, но до сих пор выводы и их аргументация продолжают ставиться под сомнения. Принимая во внимание, что возможности подводно-археологических технологий значительно выросли, Центр подводных исследований РГО пригласил Центр подводного археологического наследия ИА РАН и географический факультет РГПУ им. Герцена организовать вторую комплексную экспедицию на Чудском озере.

Методы

Целью первого этапа новой комплексной экспедиции 2021 г. была проверка и уточнение данных об объектах, обнаруженных экспедицией 1957-58 гг., а также отбор проб для датирования и палеореконструкции гидрологической ситуации на XIII век. Работы проводились гидрографическими, геофизическими, геологическими методами и подводно-археологическим обследованием избранных участков.

Исследователи РГПУ им. Герцена отобрали колонки донных отложений, которые были описаны, упакованы в пленку и доставлены в лабораторию, для проведения литологического описания и радиоуглеродного датирования.

Гидрографической съемка дна акватории проводилась приборным комплексом на базе многолучевого эхолота SeaBat T-50. Съемка многолучевым эхолотом позволяет получить детальную трехмерную цифровую модель дна для анализа рельефа.

Гидролокационная съемка бокового обзора выполнялась высокочастотным гидролокатором СМ2 на участке к северу от о. Озолец, где из-за малой глубины сложного рельефа дна применение многолучевого эхолота было опасно и неэффективно. Полученное ГБО тенеграфическое изображение дна позволяет зафиксировать все неровности рельефа дна.

Методом поиска материальных свидетельств битвы является гидромагнитная съемка акватории с последующим водолазным обследованием аномалий. Локализация Коростынского сражения 1471 г. и Судбищенской битвы 1555 г. показывает эффективность локализации места сражения по Fe-магнитным предметам. Магнитная съемка проведена морским буксируемым магнитометром SeaSpy на трех протяженных участках от пролива Большие ворота, до Чудского озера.

Водолазная станция обследовала объекты и магнитные аномалии. Погружным магнитометром-градиентометром FEREX 4.032 с поверхности уточнялось положение центра массы предмета, искажающего магнитное поле, а под водой положения предмета под грунтом уточнялось подводным металлодетектором. В весенний период, при относительно лучшей прозрачности воды выполнялась подводная фото/видео фиксация.

Результаты.

Гидрографическая съемка дала результаты первой. Рельеф дна показал наличие глубоких, до 8 м. палеорусел, не сниверированных донными отложениями. Трехмерная цифровая модель останца, выявленного экспедицией Г.Н. Караева в 1957-58 гг. имеет плоский профиль и форму схожую с птицей (Рис. 1). Основная часть – «крылья» ориентированы поперек пролива Большие ворота СЗ - ЮВ их протяженность превышает 200 м. ЮВ крыло скрывается под песчаными наносами, слагающими остров Вороний. По центру узкая прорезь - «горловина» шириной 10 м. Протяженность объекта от «плеча» до кончика «хвоста» с СВ на ЮЗ составляет 130 м. «Туловище» ограничено двумя боковыми линиями выходов сильно размытого песчаника шириной до 3 м. соединяющими «крылья» и «хвост». Внутри образуется полость 66 на 55 м. с глубинами до 4,3 м. (26,05 м. БС). Северо-западный «бок» соединяется с остальными частями перпендикулярно, юго-восточный отходит от «хвоста» под прямым углом, но затем отклоняется от «правильного» направления к востоку. Внутренняя часть юго-восточного «крыла» также имеет утраты в месте примыкания юго-восточного «бока». «Хвостовая» часть - прямоугольная платформа, в целом параллельна «крыльям», длиной 80 м., шириной 34 м. Юго-западная кромка выглядит волнистой и обрамлена более высокой полосой. Верхняя отметка по всей плоскости составляет около 2,4 м. (27,95 м. БС), нижняя доходит до 4,2 м. (26,15 м. БС). Степень занесенности останца песком увеличивается от оси пролива к берегу о. Вороний. Подобные останцы встречаются на дне озера. Наиболее значительный выход песчаника высотой 12 м. расположен на западном берегу Чудского озера, около н.п. Калласте. Но выявленный первой комплексной

экспедицией единственный имеющий морфологические признаки птицы. Что позволяет полагать, что они были замечены населением еще в средние века, когда останец был над поверхностью воды.

Разработанные в районе горловины подводные шурфы не принесли никакой информации о человеческой деятельности в этом месте в древности. В песчаном грунте находились только колья, используемые при рыболовном промысле.

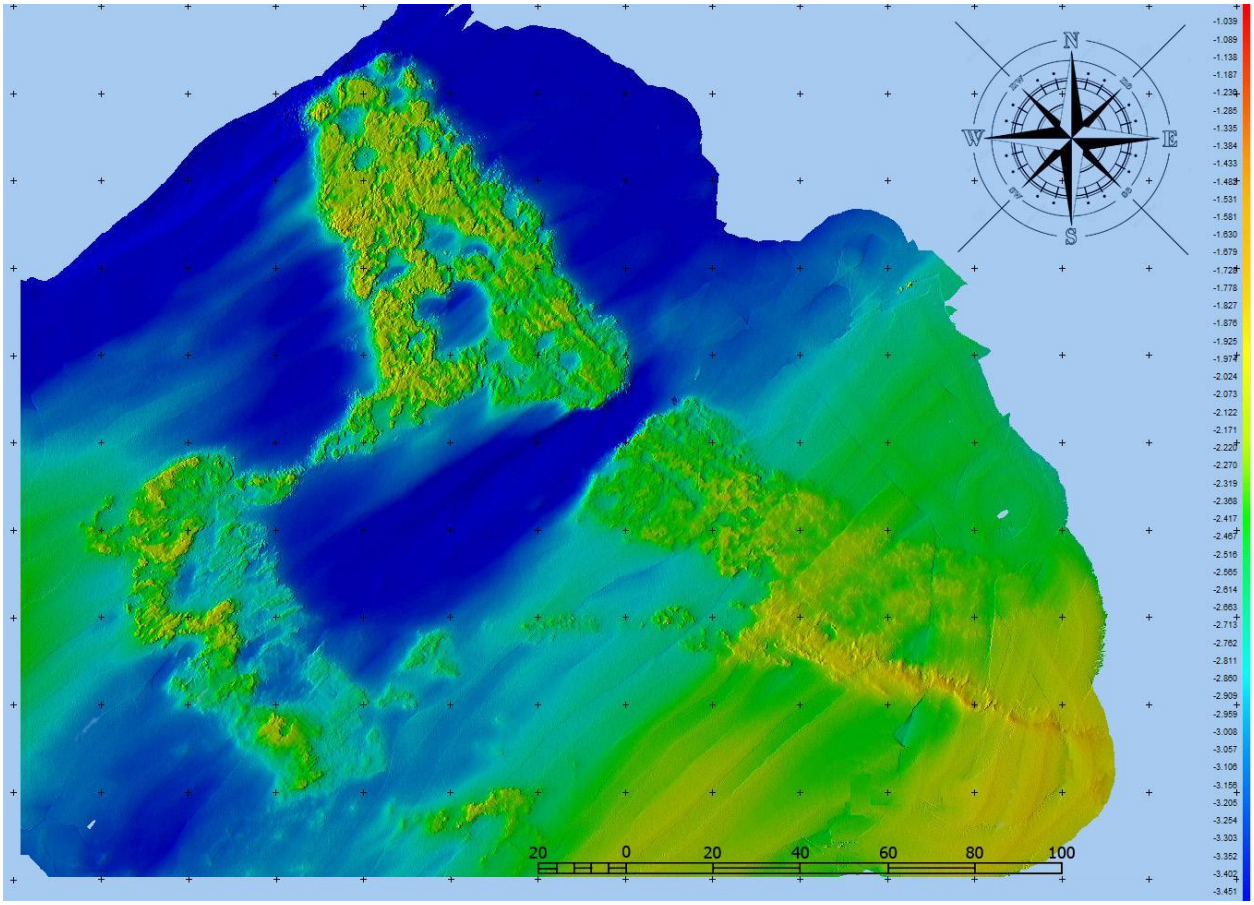


Рис. 2. «Вороний камень» на трехмерной модели дна.

Обследование Подборовской банки, считаемой некоторыми исследователями остатками «Вороньего камня», показало, что это положительная форма рельефа, сложенная окатанными гранитными валунами и песком. Валуны достигают размеров 2,8 х 2,5 м. и возвышение над грунтом до 1 м. Глубина над некоторыми валунами всего 1,1 м. (29,30 м. БС). В центре замытая песком воронка размером 8 х 9 м. с бруствером из кусков колотого гранита, что подтверждает свидетельство Э. К. Паклара о взорванном в 1920-е годы валуне [Паклар, 2011. С. 33]. Отобраны образцы колотого гранита из бруствера в центре банки и окатанных валунов с периферии. Банка представляет собой положительный элемент холмисто-моренного рельефа распространенного к северу по восточному побережью Чудского озера.

Дно к северо-востоку от о. Озолец отснятое гидролокатором бокового обзора оказалось интенсивно насыщено выходами песчаника, которым ледовая абразия придала причудливые формы. Остатков каменной кладки на текущем этапе небыло выявлено. Там же обнаружена полоса корней деревьев и кустарников на глубине 2,4 м. (28,0 м. БС). Поднятые образцы корневищ сосны отправлены на радиоуглеродное датирование.

Водолазы обследовали «палеорусла» - дно глубоких (до 7.5 м.) впадин в проливе Большие ворота у Пийриссаарской косы. Установлено, что СВ основание о. Станок сложено

по меньшей мере на глубину 5 м. торфом. Это значит, что по мере подъема уровня воды слой тростника нарастал синхронно, отмирая превращаясь в торф. Таким же образом могли зарастать прибрежные районы, изменяя очертания нынешнего Теплого озера. Железных предметов в глубоких промоинах оказалось очень мало и те современные.

Магнитная съемка проводилась на трех протяженных участках. Первый участок располагается в Теплом озере между о-вами Городец и Станок и продолжается до Подборовского пролива – участка акватории между оконечностями Пийриссаарской и Подборовскими косами (рогами) площадью 29,3 Га. Второй участок магнитной съемки начинается от участка акватории между оконечностями Пийриссаарской и Подборовскими косами (рогами), площадь - 65 Га. Третий участок площадью 16,6 Га отснят в проливе Большие ворота. Всего выявлено более 200 аномалий, как локальных, так и рассеянных, небольшой амплитуды. Пробное водолазное обследование показало наличие в грунте в поверхностном слое железных колец от сетей и осколков от артиллерийских снарядов. Большинство аномалий оказались на недоступной для ручного копания глубине под поверхностью грунта.

Заключение

Исходя из полученных данных, кажется предпочтительным принять за «Вороний камень» останец в проливе Большие Ворота имеющий форму птицы. До получения хронологических данных, можно полагать, что в XIII в. он возвышался над водой и внутри него была замкнутая акватория с узкой протокой между «крыльями». Именно такая схема со времен мезолита используется для создания ловушек для ловли рыбы. Крылья перегораживают русло реки вынуждая рыбу, идущую против течения, сходится в центре и попадать по горловине во внутреннюю замкнутую акваторию, из которой не находила выхода. Это естественная форма, но наверняка горловина прорезана искусственно. Известны рыболовные ловушки, называемые в источниках котцы, езы и исады. Такое выдающееся сооружение наверняка было на слуху, пока его не скрыли поднимающиеся воды озера.

Осталось определиться с топонимом «Узмень». Принято считать, что это узкое место. Но в узостях течение уменьшает толщину льда и концентрация войск в таких местах весной противопоказана. Таким образом «Узменью» должен быть участок относительно прочного льда достаточный для размещения двух противоборствующих сторон. Поэтому для дальнейших исследований выбраны плес Теплого озера в непосредственной близости к «Вороньему камню» и воронковидный пролив между затопленной косой (рогом) к ЮВ от о. Пийрисаар и Подборовским рогом, где впадали в Чудское озеро, сливаясь, палеореки Желча и Великая. Вороний камень располагается в 3 км. и вполне мог быть ближайшим известным новгородцам ориентиром.

По результатам анализа полученных датировок образцов, собранных на первом этапе, палеолимнологами (РГПУ им. Герцена), при расширении области исследований, будет установлена величина изменения уровня Чудского озера с XIII века и реконструирована палеобереговая линия на время битвы.

Выявленные аномалии будут исследоваться механизированным способом с применением гидроэжектора, пока «не сработает» одна из версий реконструкции событий основанная на данных палеогеографических данных.

Список литературы

Караев, Г.Н. К вопросу о месте Ледового побоища 1242 г. // Ледовое побоище 1242 г. Труды комплексной экспедиции по уточнению места Ледового побоища / Отв. ред. Г. Н. Караев. Москва; Ленинград: Наука, 1966. С. 6–27.

Татарников О.М. Влияние формирования и эволюции озёрно-ледниковых водоёмов на освоение человеком территории Псковской гляциодепрессионной низменности в позднем плейстоцене и голоцене // Природное и историко-культурное наследие Восточной Европы как объект социально-географических исследований : Материалы Международной научно-практической конференции, Псков, 25–26 октября 2019 года. – Псков: ПГПУ, 2019. – С. 180-187.

Паклар Э.*К.* Где произошло Ледовое побоище? // Региональные Чудские чтения : Сборник материалов 2010 года, Псков, 28–29 мая 2010 года. – Псков: АНО "Логос", 2011. – С. 33.

УДК 904

ДЕРБЕНТ В СИСТЕМЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ КАСПИЙСКОГО БАССЕЙНА И ВОЛЖСКО-КАСПИЙСКОГО ПУТИ В СРЕДНЕВЕКОВЬЕ

DERBENT IN THE SYSTEM OF ECONOMIC RELATIONS OF THE CASPIAN BASIN AND THE VOLGA-CASPIAN WAY IN THE MIDDLE AGES

Гусев Сергей Валентинович[1], Фазлулин Сергей Маратович[2]
[1] Институт Наследия, Москва, Россия
[2] Российский государственный гуманитарный университет, Москва, Россия

Gusev Sergey[1], Fazlullin Sergey[2]
[1]Institute for the Heritage, Moscow, Russia
[2]Russian State University for the Humanities, Moscow, Russia

Особенное значение для развития торговли имели трансконтинентальные пути, один из которых, знаменитый Прикаспийский путь проходил на территории Дагестана. Важнейшим его перевалочным пунктом был город Деребент. Превращение Дербента в V веке н.э. в оплот власти Сасанидов на Восточном Кавказе и строительство оборонительного комплекса из камня в VI в. создало условия для его экономического роста.

Дербент был в это время крупным портом на Каспийском море с хорошо укрепленной гаванью, куда прибывали суда из Джурджана, Табаристана и Дейлема (южный берег Каспия). Морской путь из Табаристана в Дербент был хорошо известен — при попутном ветре плавание длилось неделю. О портах за Каспийскими воротами (Дербент) сообщает неизвестный автор в дополнении к «Хронике Захария Ритора» VI–VII вв.

Военно-морской флот Сасанидов в Средиземноморье был представлен кораблями типа «дромон». Это были парусно-гребные суда. Бортовые доски крепились к шпангоутам корабельного корпуса при помощи кованых железных гвоздей или деревянных нагелей. В западной части Индийского океана Сасаниды использовали местный тип парусных морских судов «дау». При полном (или почти полном) отсутствии весел. Набойные доски крепились к шпангоутам при помощи веревок. Какой тип судов в эпоху Сасанидов использовался в бассейне Каспийского моря пока не установлено.

В XI – первой трети XIII вв. был расцвет мореходного дела Дербента. Стены, уходившие в море на 285 м (северная) и на 150 м (южная) создавали условия для причаливания и погрузки/выгрузки. Многочисленные арабские и персидские авторы этого времени сообщают о трех типах судов, прибывавших в Дербент: сафина, маркаб и заурак. Заурак (заврак) или дау представляли собой килевые суда с наборным корпусом. Доски обшивки украшались резьбой и цветным орнаментом. Важнейшей статьей торговли Дербента была работорговля.

Захват монголо-татарами в 1239 г. Дербента привел к нарушению хозяйственных связей. Походы Тимура в 1395–1396 гг. через Дагестан подорвали морскую торговлю, а сам Дербент стал базой для войск Тимура, чеканившего здесь свою монету.

Гусев С. В. Экономические связи средневекового Дагестана (VI–XIV вв.) // Автореферат диссертации на соиск. уч. ст. к.и.н. Москва. 1992. 25 с..

УДК 904

НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИБРЕЖНОЙ ПОПЕРЕЧНОЙ СТЕНЫ ДЕРБЕНТА СЕРЕДИНЫ VI ВЕКА
NEW RESEARCHES OF THE MID- 6TH CENTURY COASTAL TRANSVERSE WALL OF DERBENT

Гаджиев Муртазали Серажутдинович[1], **Гаджиев Багавдиншайих Хакимович**[2]
[1] *Институт истории, археологии и этнографии Дагестанского федерального исследовательского центра РАН*
[2] *Научно-производственный центр «Туризм и краеведение»*

Gajiyev Murtazali Serazhutdinovich[1], **Gajiyev Bagavdinshayikh Khakimovich**[2]
[1] *Institute of History, Archeology and Ethnography of the Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences*
[2] *Research and Production Center "Tourism and Local History"*

В результате регрессии Каспия в феврале 2021 г. в акватории Дербента в зоне прибоя вновь обнажилась прибрежная поперечная стена (рис. 1), входившая в систему укреплений города, возведенных в конце 560-х гг. н.э.



Рис. 1. Обнажившаяся прибрежная стена Дербента. Вид с ССЗ. Фото: март 2021 г.

Прибрежная поперечная стена Дербента была обнаружена Р.В. Николаевой еще в 1949 г. при обследовании приморских участков оборонительных стен в пределах городского пляжа Дербента в пространстве между северной и южной городскими стенами на глубине 1,3-1,5 м и принята за остатки волнолома или мола [Николаева Р.В., Хан-Магомедов С.О. 1962].

Существование этого сооружения подтвердили подводные геологические исследования О.К. Леонтьева, который принял его за остатки каменной облицовки древней набережной или мола [Леонтьев О.К., Федоров П.В. 1953]. Позднее А.А. Кудрявцев предположил, что данное сооружение является остатками древней пристани или поперечной оборонительной стены, защищавшей город со стороны моря [Кудрявцев А.А. 1982]. Ранее протяженность данного сооружения была зафиксирована на расстояние около 200 м [Николаева Р.В., Кудрявцев А.А. 1980]. Во время подводных исследований Дербентской археологической экспедиции в 1983 и 1986 гг. эта поперечная стена была прослежена сначала только на 65 м, а затем – на расстояние около 240 м, и было высказано предположение, что поперечная стена соединяла северную и южную городские стены [Kudrjavcev A.A., Gadziev M.S. 2001; Кудрявцев А.А., Гаджиев М.С. 2002].

Визуальные обследования позволили выявить новые элементы в структуре этого объекта и предоставили веские доводы в пользу мнения о том, что данная стена в период ее строительства являлась именно поперечной стеной города, отделявшей нижнюю приморскую часть Дербента от его верхних частей, расположенных между двумя стенами городскими стенами – северной и южной.

На линии стены примерно в центральной ее части впервые были зафиксированы остатки двух башенных выступов, обращенных в сторону моря (рис. 2). Башни, находящиеся на расстоянии около 18 м друг от друга, сохранились на уровне оснований, сплошь сложенных из крупных тесанных каменных блоков. Очевидно, вблизи выявленных башен располагались ворота этой поперечной стены, обеспечивавшие доступ к берегу из выше расположенных частей города. Судя по визуальным наблюдения и аэрофотоснимкам, башни глухие, полукруглые, имеют диаметр около 4 м, вынос за линию стены составляет около 5 м.



Рис. 2. Центральный участок прибрежной поперечной стены Дербента с видимыми остатками башенных выступов. Вид с ЮЮЗ. Фото: март 2021 г.

Наблюдения 2021 г., подтвердили данные исследований 1980-х гг. о том, что эта поперечная стена примыкает к остаткам продолжающейся в море северной городской стены, упираясь торцевой стороной в сохранившиеся здесь in situ блоки облицовки северной стены. Отсутствие конструктивной перевязки между стенами указывает на разновременность их

строительства и, по всей видимости, поперечная стена (как и южная городская стена) была возведена несколько позднее северной, строившейся одновременно с цитаделью города. Место стыка стен имеет абсолютную высоту около –29,5 м, т.е. поперечная стена расположена несколько выше уровня моря времени возведения Дербентского оборонительного комплекса (–31,5-32,0 м абс.) [Кудрявцев А.А., Гаджиев М.С. 2002]. Ныне поперечная стена прослежена на расстояние около 190 м, стена тянется от северной стены под небольшим углом на ЮЮВ и далее исчезает, будучи занесенной песком. Судя по ее направлению, она тянулась на расстояние около 360 м и примыкала к южной городской стене под незначительным углом.

Учитывая, что уровень Каспийского моря в период строительства Дербентского оборонительного комплекса в 560-х гг. находился на отметке около -31,5-32,0 м [Кудрявцев А.А., Гаджиев М.С. 2002], можно заключить, что от приморской поперечной стены до береговой линии в период ее строительства было расстояние около 150 м и данный межстенный участок приморской части Дербента занимал площадь около 5,5 га. Данная стена – самая нижняя из трех поперечных стен Дербента, деливших в сер. VI-VIII вв. межстенное пространство города между северной и южной оборонительными стенами на четыре части.

В конструктивном отношении эта стена полностью аналогична оборонительным стенам Дербента сер. VI в.: она имеет двустороннюю панцирную облицовку из крупных прямоугольных плит, положенных насухо поочередно логом и тычком, с забутовкой тела рваным камнем на известковом растворе. Прослеженная максимальная высота стены 1,5 м [Кудрявцев А.А., Гаджиев М.С. 2002]. Кроме плит имеющих обычные параметры, наблюдались более крупные («толстые») блоки: размеры использованных ложковых блоков 80-95х65-70х65-75 см, тычковых плит 70-80х33-40х65-75 см (рис. 3). Отдельные блоки имеют длину 103-122 см. Близкие ширина (толщина) и высота ложковых блоков указывают на то, что выявленные остатки стены представляют собой кладку основания стены (в отдельных местах прослежено два ряда кладки), т.к. для верхних рядов стен Дербента характерны более узкие плиты толщиной в среднем 20-35 см. Прослеженная в 2021 г. толщина стены на уровне ее основания составляет 3,9 м, что немного превышает толщину цоколя оборонительных стен Дербента на других участках и, вероятно, было обусловлено ее расположением в береговой зоне.



Рис. 3. Участок кладки прибрежной поперечной стены Дербента. Вид с СЗЗ. Фото: март 2021 г.

Как показал комплексный анализ сведений письменных источников, интерпретация среднеперсидской надписи № 3, высеченной на северной городской стене Дербента и содержащей дату строительства, и определение произведенных трудозатрат, сооружение укреплений Дербента на первом этапе работ (строительство северной городской стены и цитадели) было осуществлено в течение одного года в 568-569 гг. (Гаджиев М.С. 2006). Южная городская стена и приморская городская поперечная стена не имеют конструктивную перевязку соответственно со стеной цитадели и северной городской стеной, т.е. они возведены впритык к ним позднее, но в близком хронологическом уровне, очевидно, около 570 г. Этим временем и следует датировать приморскую поперечную стену Дербента.

Тщательное исследование данного объекта представляет большой научный интерес, в т.ч. в изучении проблем колебания уровня Каспия. В IX-X вв. с поднятием уровня Каспийского моря, эта стена оказалась в воде, что, вероятно, и дало повод ал-Истахри писать о поперечных стенах в море, в гавани Дербента – Баб ал-абваба (Al-Istakhri. 1870).

Список литературы

Гаджиев М.С. Определение абсолютной даты строительства цитадели и северной городской стены Дербента и произведенных трудозатрат // Вестник Института истории, археологии и этнографии. – 2006. – № 1. – С. 77-94.

Кудрявцев А.А. Древний Дербент. – М.; Наука, 1982.

Кудрявцев А.А., Гаджиев М.С. Подводные археологические исследования в акватории Дербента // Проблемы истории, филологии, культуры. – 2002. – Вып. XII. – С. 396-414.

Леонтьев О.К., Федоров П.В. К истории Каспийского моря в поздне- и послехвалынское время // Известия Академии наук СССР. Серия географическая. – 1953. – № 4. – С. 64-74.

Николаева Р.В., Кудрявцев А.А. Древние памятники Дербента и колебания уровня Каспийского моря // Колебания увлажненности Арало-Каспийского региона в голоцене. – М., 1980. – С. 142-146.

Николаева Р.В., Хан-Магомедов С.О. Новые данные об уровне Каспийского моря за историческое время // Труды Института океанологии Академии наук СССР. – 1962. – Т. 60.

Al-Istakhri. Viae regnorum. Descriptio ditionis moslemicae auctore Abu Ishak al-Farisi al-Istakhri // BGA. T. 1. 1870.

Kudrjavcev A.A., Gadziev M.S. Archäologische Unterwasseruntersuchungen an der Küste von Darband // Archäologische Mitteilungen aus Iran und Turan.– 2001. – Band 33. – S. 333-356.

УДК 902.034

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КРЕЙСЕРА «ЧЕРВОНА УКРАИНА» В 2021 Г.

COMPLEX STUDIES OF THE CRUISER "CHERVONA UKRAINE" IN 2021

Вахонеев Виктор Васильевич
Vakhoneev Victor Vasilyevich

Севастопольский государственный университет
Sevastopol State University

К современности научный и общественный интерес перешёл в России и на кораблекрушения периода Великой отечественной войны. На черноморском театре военных действий за период войны было потеряно огромное количество военных кораблей, вспомогательных судов и боевых самолётов. Работ по их выявлению продолжаются до сих пор, однако вопрос их государственной охраны открыт. Несмотря на то, что такие объекты не являются объектами археологического наследия, они все же могут быть поставлены на государственный учёт в качестве объектов культурного наследия (науки и техники). Хорошим примером может в этом плане служить опыт Краснодарского края, где в 2000-х гг. были поставлены на учёт объекты времён войны в акватории Керченского пролива по инициативе краснодарского археолога А.В. Кондрашова. Такой же опыт имеется и в органе охраны объектов культурного наследия Республики Крым, которым на учёт в 2013 г. было поставлено более 10 военных подводных объектов.

Однако в приведённых выше примерах речь идёт об объектах, которые затонули непосредственно во время боевых действий и до сих пор находятся на дне моря. Совсем другой пример – крейсеры «Червона Украина».

Первый крейсер, несмотря на свою славную и насыщенную историю, оказался списанным в качестве мишени для бомбометания, а около 10 лет назад и вовсе частично утилизован частными предпринимателями в качестве источника металлолома.

Морской историк Н. Кларк отметил одну хорошо заметную особенность: кораблекрушениям, затонувшим с большим резонансом, с человеческими жертвами и материальными благами, сопутствует, как правило, больше документальных материалов и устойчивый интерес исследователей и общества в целом, чем судам, которые имели безопасную и успешную историю функционирования и были затоплены лишь тогда, когда пришли в негодность и были списаны.

К первому примеру можно отнести поиски «Титаника», «Бисмарка», а в акватории Черного моря – санитарного транспорта «Армения», совсем недавно обнаруженного экспедицией Министерства обороны РФ, задействовавшей за пять лет серьёзные ресурсы Главного управления глубоководных исследований для обследования места одной из самых многочисленных морских трагедий в мире.

Морские археологи, по меткому выражению Н. Ричардса, как правило, смотрят на затопленные объекты именно через линзу крушения, при этом практически полностью игнорируя значения затопленных объектов, утраченных не катастрофически.

Учитывая последнее, в 2021 г. в рамках выполнения научного гранта РФФИ и Правительства Севастополя были проведены комплексные исследования места залегания корпуса крейсера «Червона Украина». Состав работ предполагал изучение архивных и музейных коллекций, а также натурные исследования в ходе морской экспедиции.

Основному этапу исследований предшествовала подготовительная часть. В результате рекогносцировки и работы с материалами прошлых лет было уточнено местоположение объекта. Определены диапазоны глубин на акватории и общий рисунок изобат для обеспечения безопасного судовождения при подходе к району работ. Фактическое положение объекта отличалось от указанного на сервисах Google на ~ 50 метров.

Расположение объекта на дне соответствует направлению с севера (корма) на юг (нос).

Рекомендованное, общее направление галсов основного покрытия для батиметрической съёмки, профильной съёмки и магнитометрической съёмки составляет 90° — 270°.

Общее направление галсов инструментальной оценки рельефа дна, соответственно составляет 0° — 180°.

Полевые работы были проведены в июне 2021 года и включали в себя батиметрическую съемку рельефа дна при помощи однолучевого эхолота, инструментальную оценку рельефа дна при помощи гидролокатора бокового обзора H5se3, профильную съёмку при помощи параметрического профилографа H5p3D и съёмку магнитного поля при помощи оверхаузеровского магнитометра MariMag.

Система галсов основного покрытия детальной съёмки рельефа дна способом промера была проложена в общем случае перпендикулярно основному направлению изобат и нормально к продольной оси объекта. Система контрольных галсов была проложена в общем случае перпендикулярно основному направлению системы галсов основного покрытия. Одновременно контрольные галсы обеспечили инструментальную оценку рельефа дна с помощью гидролокатора бокового обзора. Фактическое проложение контрольных галсов, одновременно в интересах съёмки гидролокатором бокового обзора привело к их учащению и расстояние между контрольными галсами не превышало 50 метров. Направление проложения галсовых систем соответствовало действующим нормативным документам.

Инженерно-гидрографические работы производились с маломерного плавсредства, оборудованного гидролокатором бокового обзора с эхолотом, профилографом и ГНСС приемником «Nov Atel PerPak7D». Обеспечивающий позиционирования плавсредства на акватории ГНСС приемник, работал в RTK режиме получая поправку от стационарной базовой станции. Навигационные данные, поступающие в реальном времени, выводились на экран судоводителя и в программе сбора гидрографической информации после синхронизации с данными эхолота сохранялись на жесткий диск компьютера.

Для исключения ошибок при определении глубин, вызванных качкой, промерные работы производились при скорости ветра не более 3 м/сек. и высоте волны не более 0,2 метров. Неглубокое залегание объекта крейсер «Червона Украина» приводит к образованию разно скоростных, разнонаправленных течений в районе работ, что осложнило выполнение съёмки.

Получение дублирующих данных о глубине под плавсредством от датчиков гидролокатора бокового обзора H5se3 и датчиков профилографа H5p3D обеспечило контроль стабильности работы гидроакустической системы.

Для выявления характерных форм рельефа морского дна и объектов техногенного происхождения была произведена инструментальная оценка рельефа дна при помощи

гидролокатора бокового обзора. Галсы инструментальной оценки рельефа дна предваряли галсы промера и одновременно являлись контрольными галсами.

Выполнение запланированных галсов инструментальной оценки рельефа дна осуществлялось с таким расчетом, что бы покрытие акватории с возможными особенностями рельефа дна составляло не менее 115%. Степень покрытия определяет величину перекрытия смежных полос съемки. Степень 100% покрытия не обеспечивает перекрытия смежных полос, так как межгалсовое расстояние равно полосе обзора. С увеличением перекрытия информативность съемки увеличивается, так как при наложении акустических изображений одного участка, полученного под разными углами наблюдения, появляется возможность по акустическим и геоморфологическим признакам произвести профессиональную оценку получаемых данных. Так же при выполнении съёмки гидролокатором бокового обзора учитывалось доля выбраковки отдельных галсов. По результату выполнении работ степень покрытия составила от 125% до 200%, в зависимости от участка акватории.

Производство профильной съёмки осуществлялось одновременно с детальной съёмкой рельефа дна способом промер. Настройки профилографа подбирались для обеспечения максимального проникновения акустического сигнала в грунт. Профильные разрезы прокладывались в общем случае поперёк объекта. Для контроля обстановки в осадочных отложениях рядом с объектом были проложены дополнительные профили. Объектов антропогенного происхождения при анализе дополнительных профилей не обнаружено.

Производство магнитной съёмки осуществлялось после выполнения комплекса гидроакустических работ и определения основных параметров объекта. Галсы прокладывались с целью обеспечения наглядной фиксации отклика магнитометра при пересечении корпуса объекта. Проводка магнитометра осуществлялась практически по поверхности воды с заглублением 0,2 – 0,3 метра, на удалении 5 длин судна носителя, для нейтрализации воздействия магнитного поля судна и судовых механизмов на результат морской магнитной съёмки. В целом магнитной съёмкой была закрыта площадь в трое превышающая район залегания объекта.

Первичная обработка материалов, для проверки полноты записи и редактирования полевых материалов, а также с целью выявления пропущенных участков и назначения участков для дополнительного обследования - производилась после полевых работ на акватории в тот же день.

По завершению полевых работ, итоговая камеральная обработка разделилась на два направления:

1) обработку данных гидроакустической съёмки полученных с помощью эхолота, гидролокатора бокового обзора и параметрического профилографа для обзорной мозаики сонограмм, батиметрического планшета в системе координат WGS-84 и каталога профильных разрезов;
2) обработку данных магнитной съёмки полученных с помощью морского магнитометра.

Анализ данных профильной съёмки подтвердил наличие отражающих металлических поверхностей в районе расположения корпуса объекта, препятствующих дальнейшему проникновению акустических сигналов. За пределами корпуса в непосредственной близости к объекту заглубленных в осадочные породы артефактов не выявлено.

Результаты магнитной съёмки подтвердили наличие магнитного поля у объекта позволяющего идентифицировать объект и обнаружить его методами магнитной разведки не смотря на частичную утерю и разрушение корпуса крейсера.

Совмещение обзорной мозаики с распределением магнитного поля обеспечило наглядность результатов комплексной морской съёмки.

Для создания батиметрического планшета была произведена оценка линии дна, отредактированы помехи, применены поправки за уровень и за тарирование эхолота, произведена оценка сходимости глубин на пересечении систем галсов основного покрытия и контрольных галсов, отобраны глубины для построения цифровой модели рельефа дна, построены изобаты с сечением 1 метр и отобраны глубины для представления на галсовых профилях.

Технический контроль полевых работ осуществлялся путем контроля пройденных плавсредством галсов, межгалсового расстояния, отсутствия пропусков в данных, стабильности работы RTK режима, выполнением контрольных галсов. Внутренний и внешний контроль качества полевых и камеральных работ осуществлялся на всех этапах выполнения морских комплексных работ.

После окончания приборного обследования на затонувшем объекте было проведено водолазное обследование аквалангистами (С. Иванов, П. Горбунов, С. Царенко).

По результатам данного вида работ зафиксировано, что кораблекрушение представляет собой остов корабля, без палубы и палубных надстроек. Он сохранился на длину приблизительно 147 м, т.е. почти по всей длине от первоначальных размеров корабля. Ориентация по линии Север-Юг (Корма – Нос).

Север (Корма) - N 45.8380 E 33.1561

Юг (Нос) - N 45.8366 E 33.1559

Остов корпуса лежит на ровном песчаном дне на глубинах от 1,5 до 7 м. Нижняя часть корпуса скрыта песчаными наносами (уходит в песчаное дно). Прослеживаются оба борта корабля, сохранилось множество металлических шпангоутов и фрагментов обшивки корпуса судна. Бронелисты отсутствуют. Высота сохранившихся фрагментов бортов от 1 до 3,5 м. В центральной части судна фрагменты корабля не доходят до водной поверхности 0,5 м. Местами сохранились внутренние поперечные перегородки с круглыми отверстиями-люками.

Внутреннее пространство между бортами сильно захламлено многочисленными металлическими фрагментами – листами обшивки, профилированными балками, трапами-лестницами и пр. Носовая часть корпуса корабля сохранилась фрагментарно и трудно поддается идентификации. Обнаружен жвака-галс. Якорная цепь уходит в направлении Юг. Наиболее сохранившаяся – центральная часть корпуса, в которой находится котельное отделение. Здесь обнаружены четыре паровые турбины. Кормовая часть судна также, как и северная, прослеживается фрагментарно. Ближе к корме остов корпуса прерывается, но через 5 м снова прослеживается его продолжение. Очевидно, в данном месте существует разлом корпуса судна. Винто-рулевая группа не обнаружена.

Учитывая факт, что корпус корабля с чисто утилитарной позиции военных специалистов в послевоенное время был списан и переоборудован в учебную мишень, в украинском правовом поле 2000-х гг. не было возможности придать ему статус объекта времён войны и в дальнейшем защитить его от утилизации. К сожалению, по формальным признакам, объект, посаженный на грунт в 1952 г., не попал под определение объектов культурного наследия и за

последнее десятилетие был разделан на металл по линию заиленности. Однако ниже находится хорошо сохранившееся днище корабля. Учитывая перемены в отношении к железным кораблекрушениям XX в. в среде морских археологов, а также историко-культурное значение крейсера, его остатки, безусловно, требуют сохранения для будущих поколений в качестве выявленного объекта культурного наследия.

УДК 904

«ОКСКАЯ БАРКА» —УНИКАЛЬНЫЙ ОБРАЗЕЦ РЕЧНОГО СУДОСТРОЕНИЯ В ВЕРХНЕМ ТЕЧЕНИИ ОКИ

«OKSKAYA BARKA» - A UNIQUE EXAMPLE OF RIVER SHIPBUILDING IN THE UPPER REACHES OF THE OKA

Золотарёв Олег Александрович
Тульское областное отделение Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество», Тула, Россия

Zolotarev Oleg
Tula regional branch of the NGO "Russian Geographical Society", Tula, Russia

Осенью 2018 года в Тульское областное отделение Русского географического общества поступила информация о затонувшем в реке Оке деревянном судне. Как выяснилось, рыбакам из города Алексин Тульской области уже более тридцати лет известно о большом деревянном «корабле», лежащем у самого берега. По рассказам рыбаков в прошлом судно практически полностью было скрыто водой и выглядело хорошо сохранившимся. В настоящее время в связи с падением уровня воды в реке остатки судна оказались частично над водой и быстро разрушаются.

Проверить данную информацию удалось в июне 2019 года. Действительно, недалеко от деревни Брагино Перемышльского района Калужской области, у правого берега Оки находились остатки корпуса деревянного судна. По рассказу местного жителя, в свою очередь узнавшего эту историю от очевидца – своего деда, – данное судно в начале 20-х годов XX века перевозило известняк. Камень добывался здесь же, в береговом склоне, и отвозился вниз по течению. Следы прошлых выработок известняка хорошо видны в окрестностях Брагино и в наши дни. Как вспоминал очевидец, которому на то время было около 10 лет, при очередной погрузке камня судно по неизвестной причине затонуло возле самого берега. Возможно, груз был неправильно распределен или разошлась обшивка и образовалась течь. Старожил упоминал еще о такой детали: по воспоминаниям деда, «сарайчик» кормчего упал за борт и поплыл вниз по течению. По всей видимости, крушение произошло неожиданно, что все-таки больше соответствует версии о перегрузе судна на один борт.



Рис. 1. Остатки судна у д. Брагино

Примерно в тех же 20-х годах прошлого века добыча известняка была прекращена. Возможно, это было напрямую связано с кораблекрушением – местным добытчикам камня стало просто не на чем вывозить известняк. Одной из причин могло стать и перекрытие корпусом затонувшего судна удобного подхода для причаливания других судов.

В 2019-2020 гг. удалось сделать несколько выездов для осмотра затонувшего судна, в том числе и под водой. Общая ориентация корпуса судна по диаметральной плоскости с востока на запад. Более точные азимутальные направления: 70-80 градусов - 250-260 градусов. Предварительные обмеры сохранившейся части судна дали следующие результаты: длина корпуса – около 40 м, предполагаемая ширина – 8-10 м. Видимая у берега часть борта имеет практически на всем своем протяжении прямолинейную конфигурацию лишь в оконечностях сходясь к штевням под углом около 45 градусов. Вертикальные части судового набора – топтимберсы, – имеют в среднем сечение от 120 х 100 мм до 200 х 150 мм. Элементы шпангоутов, выполненные из цельных кокор – корневых частей дерева, – чередуются с топтимберсами, выполненными из бруса. Расстояние между шпангоутами – шпация – составляет 450-500 мм.



Рис. 2. Топтимберс и крепление бортовой обшивки судна с помощью гвоздей

Основной материал корпуса судна – древесина хвойных пород, предположительно ели. Для соединения элементов набора и крепления обшивки судна использовались кованые четырехгранные гвозди. Длина тех гвоздей, которые удалось измерить – 200 и 300 мм. Сечение у шляпки – 10 х 10 мм, ближе к острию ширина грани колеблется от 9 до 7 мм. Шляпки гвоздей имеют овальную форму, максимальный поперечный размер шляпок – 45 и 42 мм соответственно.

По предварительной оценке, конструкция судна близка к барочному типу, широко применявшемуся для перевозки различных грузов на Оке в XIX – начале XX вв. Подводное обследование остатков корпуса показало, что уцелела часть днища и один борт судна со стороны берега. Ближе к западной оконечности судна, полностью скрытой под водой, обнаружено что-то похожее на металлический ящик. Возможно, это остатки печи для обогрева и приготовления пищи экипажа судна.

Известно, что подобные суда строились для одной или нескольких навигаций, и после завершения плавания продавались на дрова или стройматериалы. Поэтому обнаружение остатков подобного судна в верхнем течении Оки представляется большой редкостью.

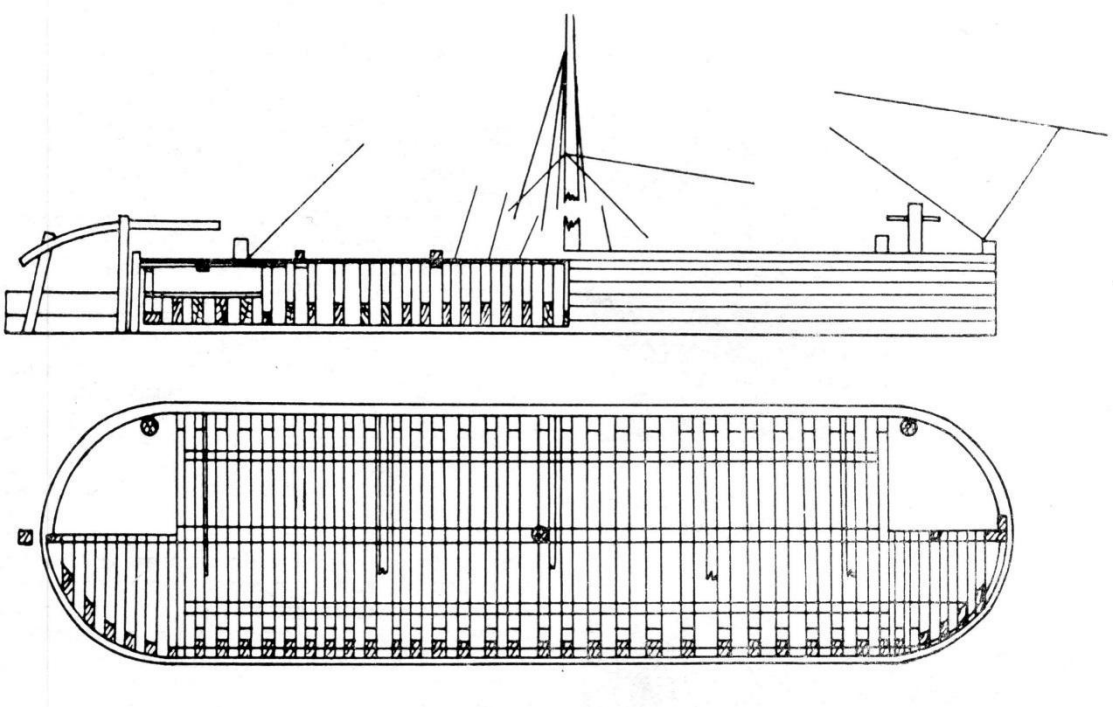


Рис. 3. Чертеж барки

Подтверждение этому обстоятельству можно найти в вышедшей недавно монографии А. В. Окорокова «Ока и окское судоходство». В своем труде автор отмечает: «К сожалению, по сей день в бассейне реки Оки не было зафиксировано ни одной находки деревянного судна или его крупного фрагмента, относящегося к XVIII - началу XX в. Тем не менее отдельные экземпляры традиционных речных судов были обнаружены на р. Волге (Самара), на р. Оби, в районе протоки Кирьяс, на Ладожском озере (близ Олонца).»

Таким образом, «Окская барка» на сегодня является, по всей видимости, единственным известным нам образцом деревянного судостроения начала XX века, сохранившемся на верхней Оке.

Список литературы

Богатырев Н. В. Вспомогательные верфи петровской эпохи. Судостроение. № 11. – 1984 – С. 56.

Окороков А.В. Ока и окское судоходство. Москва. Вече. – 2017 – С. 126.

ПРОБЛЕМЫ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ СОХРАННОСТИ ПРЕДМЕТОВ ИЗ СТЕКЛА, СПОСОБЫ РЕКОНСТРУКЦИИ И МЕТОДЫ РЕСТАВРАЦИИ.
PROBLEMS OF DIFFERENT DEGREE OF PRESERVATION OF GLASS OBJECTS, RECONSTRUCTION AND RESTORATION METHODS.

Екатерина Никитична Шаркова
Ekaterina Nikitichna Sharkova

ВХНРЦ им. академика И.Э. Грабаря, художник-реставратор Высшей категории, заведующая мастерской реставрации керамики и стекла
Grabar Art conservation center, Moscow, Russia
Conservator-restorer, Head of department of ceramics and glass conservation.

В отделе реставрации керамики и стекла ВХНРЦ имени академика И.Э. Грабаря одним их важнейших направлений деятельности является изучение, исследование и разработка методики консервации и реставрации произведений декоративно-прикладного искусства из стекла. Накопленный опыт позволяет решать разнообразные, выходящие за рамки простых реставрационных процессов, задачи, возникающие при реставрации стеклянных предметов.

Основные проблемы реставрации стеклянных предметов связанны со свойствами самого стекла. Следы реставрации видны невооруженным глазом, поэтому задача сводится к тому, чтобы следы склейки и возможных восполнений не мешали восприятию целостности формы экспоната. Существует несколько основных проблем, которые реставратору приходится решать: различие степени преломления стекла и клеев для склейки стекла, что влияет на эстетические качества клеевого шва; прозрачность материалов для восполнения; возможность тонирования восполнений на цветном стекле, сохраняя их прозрачность. В основном качество реставрации зависит от мастерства реставратора, но нельзя забывать, что важным моментом всегда является и качество материалов, которые он использует. В данном докладе демонстрируются реставрационные работы с использованием современных реставрационных материалов иностранного производства, апробированных годами и хорошо зарекомендовавших себя в практике музейной реставрации.

За многие годы были выработаны критерии подбора синтетических материалов для реставрации. Вот некоторые из них. Долговечность, когда привнесенный материал в течение долгого времени не изменяет свои свойства такие как цвет (желтеет, тускнеет, темнеет), структура (становится хрупким или жестким или дает усадку). Материал не должен изменять художественный облик произведения, например, если покрыть (законсервировать) корродированную поверхность стекла или глазури и по прошествии времени цвет и фактура под воздействием старения этого покрытия изменится. Адгезия, которая обеспечивает прочное соединение частей полимера и материла экспоната. Обратимость (т .е.растворимость в малотоксичных растворителях или в воде, возможность удаления полимера).

Бесцветность и прозрачность, светостойкость - материал не должен изменять цвет памятника.

Примером сложной реставрации может послужить экспонат, поступивший из музея – усадьбы Останкино, который хорошо демонстрирует все тонкости реставрации предметов из стекла, такие как использование современных материалов для склейки и восполнения на стекле, исследования красочного слоя для поиска аналогии и помощи в атрибуции предмета, разработка методики тонирования утрат на стекле и многие другие. Когда речь идет о реставрации археологического стекла возникает масса сложностей, связанных с реконструкцией предметов. Чаще всего археологические артефакты доходят до нас из множества фрагментов из которых можно собрать только разрозненные «островки», а не целую форму с небольшими утратами. Такие разрозненные фрагменты не дают представления об истинной форме предмета и требуют визуализации в виде прорисовок или фотографических материалов, что на сегодняшний день устаревший способ демонстрации экспонатов. Возникает необходимость искать способ воссоздания формы и экспонирования. Мы представим некоторые подобные случаи из практики нашей работы.

Так было в случае с сирийской чашей из государственного Переславль-Залесского историко-культурного музея- заповедника. Изначально было решено слепить форму из пластилина, снять слепок и отлить из прозрачной эпоксидной смолы. Но отливка требовала очень много доработок. Тогда мы решили построить 3Д модель, задав размеры высот и диаметров в графическом редакторе ArchiCAD. Затем чертеж был преобразован в 3Д модель в программе SketchUp и напечатан на специальном принтере. Идеально было бы напечатать реконструкцию сирийской чаши из фотополимерной смолы, но такой объем и толщина стенок почти три года назад стоил значительную сумму. Конечный вариант из матового слегка прозрачного пластика ABS получился удачным и эстетичным. Чаша не выглядит тяжеловесной, а аутентичное стекло довольно толстое. Склеенные фрагменты были смонтированы на напечатанную основу и стало возможно представить себе общий вид чаши без дополнительных объяснений.

Бывают случаи, когда большая часть предмета собирается, но все равно нужна поддержка для хрупкого стекла. В случае, когда реконструкция невозможна, изготовляется поддерживающая основа для склеенных между собой фрагментов. В новом музее археологии Чудова монастыря экспонируется немецкий сосуд XVI века. Тонкие стеклянные фрагменты были склеены на специальную, в ручную изготовленную акриловую прозрачную основу. Затем хрупкие фрагменты стенок и горлышка монтированы на подставку из фотополимерной смолы. Модель для печати была выполнена исходя из высоты сосуда, внутреннего диаметра венчика и внутреннего диаметра основания. Такой способ позволяет зрителю непосредственно в музее легко представить первоначальную форму.

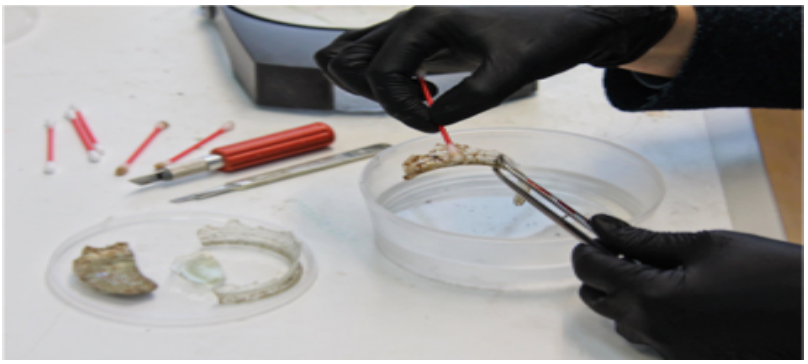
Еще несколько примеров реконструкций были выполнены в процессе реставрации стеклянных сосудов из коллекции Ялтинского историко-литературного музея заповедника, где в особом разделе, «Золотой кладовой», хранятся предметы, найденные при раскопах Ай-Тодорского некрополя и святилища на перевале

Гурзуфское Седло, невероятное количество артефактов, в том числе и предметы из стекла.

Стакан на кольцевом поддоне (III в. н. э.) и стакан на плоском поддоне (II - III в. н. э.), происходят из раскопок Гурзувского седла и относятся к более позднему периоду. У сосудов наблюдалась чрезвычайно плохая сохранность: у стакана на плоском поддоне (II - III в. н. э.) в наличии было только 4 фрагмента, из которых удалось собрать венчик и донце. От другого стакана на кольцевом поддоне (III в. н. э.) до нас дошло значительно больше фрагментов, но они были подвержены сильнейшей коррозии и достигли состояния бумажного листа. Фрагменты были подвержены незначительной химической очистке с целью удаления следов коррозии и законсервированы, некоторые фрагменты удалось склеить, а именно, венчик и фрагменты донца.

Для визуализации формы сосудов и тем самым придания им первоначального вида мы решили прибегнуть к реконструкции форм сосудов с помощью 3D технологии с последующим монтажом имеющихся фрагментов на «напечатанную» из фотополимеров форму. Археологическое стекло, ввиду его хрупкости, сложно не только в реставрации, но в экспонировании. В данном случае решаются с наименьшим вмешательством в памятник обе проблемы.

Сегодня ассортимент фотополимерных материалов 3D печати увеличивается, появляются все более легкие и прозрачные образцы, именно поэтому стало возможно применять 3D технологии в работе с археологическим стеклом. Особенность стекла из раскопок в том, что оно крайне хрупкое. Фрагменты могут разрушиться от малейшего прикосновения. 3D печать помогает создавать реконструкции для таких предметов без риска их разрушения. Воссозданная форма позволяет наиболее безопасно приклеить хрупкие фрагменты на основу.



Стакан на плоском поддоне. Ай-Тодорский могильник. Процесс кислотно-щелочной очистки.

Стакан на плоском поддоне. Ай-Тодорский могильник. После реставрации. Реконструкция формы сосуда.

В работе был использован значительный опыт, накопленный за двадцать лет реставрации разнообразных по техникам исполнения и степени разрушений произведений из стекла, знание различных методик реставрации стекла, в частности, применяемых в мировой практике, прекрасно зарекомендовавшие себя обратимые реставрационные материалы.

Введите текст



Общий вид фонаря на момент поступления. Музей-усадьба Останкино.



Вид фонаря после реставрации. Музей-усадьба Останкино.



Чаша. Сирия. 2-я п. XIII – 1-й п.XIV в. Переславль-Залесский музея-заповедник.

УДК 904

ОПЫТ ВТОРИЧНОЙ КОНСЕРВАЦИИ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕДМЕТОВ С МЕСТА МОРСКОГО СРАЖЕНИЯ 18 ВЕКА НА ПРИМЕРЕ КОЛЛЕКЦИИ МУЗЕЯ-ЗАПОВЕДНИКА «ВЫБОРГСКИЙ ЗАМОК»

EXPERIENCE OF SECONDARY PRESERVATION OF ARCHAEOLOGICAL OBJECTS FROM THE SITE OF THE 18TH CENTURY NAVAL BATTLE ON THE EXAMPLE OF THE COLLECTION OF THE «VYBORG CASTLE» MUSEUM-RESERVE

Смирнов Андрей Сергеевич[1], Фазлуллин Сергей Маратович[2], Крипак Сергей Владимирович[1]

[1] Государственный Русский музей, Санкт-Петербург

[2] Российский государственный гуманитарный университет, Москва

Smirnov Andrey[1], Fazlullin Sergey[2], Kripak Sergey[1]

[1]State Russian Museum, Saint Petersburg

[2]Russian State University for the Humanities, Moscow

1. Выборгское сражение как источник исторических артефактов.

Выборгское морское сражение, явившееся переломным в ходе русско-шведской войны, состоялось 22 июня 1790г. В ходе войны шведский флот, который не смог прорваться к городу на Неве, отошёл в Выборгский залив и был заблокирован русским флотом, насчитывающим 50 линейных кораблей, фрегатов и малых кораблей с 2.718 орудиями и 21.000 матросов на борту, а также эскадра поддержки — 20 галер. В окружении оказалось свыше 300 шведских парусных и гребных судов, в том числе 22 линейных корабля, 13 фрегатов и нескольких малых судов. На их борту находились более 30.000 матросов и солдат, во главе со шведским королем Густавом III. Простояв почти месяц и дождавшись наконец благоприятного направления ветра, 22 июня шведы пошли на прорыв по северному фарватеру. Некоторые шведские корабли были сбиты с курса артиллерийским огнём и сели на мель из-за плохой видимости Большая часть шведского флота ушла во главе с королем Густавом III на ремонт к морской крепости Свеаборг. Потери шведского флота при прорыве составили около трети флота: семь линейных кораблей (четыре из них стали трофеями), три фрегата (один захвачен). а также около пятидесяти малых и гребных судов, потери в живой силе составили около 5000 человек.

2. Подводно-археологическое общество «Память Балтики» и её участие в формирования коллекции.

До начала 1990-х гг. археологические работы на месте Выборгского сражения были практически невозможны из-за режима охраны государственной границы СССР и военно-морских полигонов. В 1989 году на Ленинградской военно-морской базе под руководством к.и.н., капитана 1-го ранга Константина Антоновича Шопотова создается подводно-археологическое общество «Память Балтики». В 1994 году в ходе работ российско-шведской экспедиция «Аврора» в сотрудничестве с «Памятью Балтики» при обследовании района банки Репия в Выборском заливе был обнаружен первый затонувший 64-пушечный линейный корабль «***Hedvig Elisabeth Charlotta***».

В это время и были сделаны первые шаги по изучению и фиксации найденных обломков кораблей Выборгского сражения, подняты первые находки с них. Начинается процесс изучения, превентивной консервации и реставрации предметов подводной археологии, в том числе и с привлечением аттестованных реставраторов музеев Санкт-Петербурга с последующей передачей их в созданный музей Подводной археологии в Выборгском замке.

3. Экспозиция в комендантском корпусе.

С **1994г.** на основе подводных находок, фото- и видеоматериалов, (в т.ч. использованием материалов Российского государственного архива военно-морского флота) в Комендантском доме Выборгского замка, на общей площади более 500 кв.м был впервые в России создан и постоянно пополнялся Музей подводной археологии (в н.в. порядка 800 предметов).

Экспозиция в основном демонстрировала результаты многолетних исследований Выборгского залива, которые проводила подводно-археологическая экспедиция «Память Балтики», под руководством контр-адмирала запаса Константина Антоновича Шопотова. Представленная коллекция — единственная в своём роде. Она включала элементы кораблей, затонувших в 1790г., их якоря, палубные пушки всех калибров кораблей шведского флота, участвовавших в Выборгском морском сражении.

В экспозиции находились фрагменты корпусов и рангоута шведских кораблей, предметы корабельного такелажа. Так же выставлялась коллекция боеприпасов шведской артиллерии конца XVIII века: картечь в пеналах трех калибров, картечь в кожаном пенале, ядра и бомбы разных калибров, книппели, штангель-кугели всех калибров; предметы вооружения шведской абордажной партии: абордажные топорик, кортик, палаш, мушкет с коротким ложем, ручные бомбы (гранаты). Из предметов быта, в частности, имеются 311 шведских медных монет номиналом 1, 2 и 5 OR, фрагмент красномедного чайника и бронзовая пряжка к кожаной обуви.

4. Проблема консервации металла и дерева из морской воды.

При проведении реставрационных работ с экспонатами, поднятыми со дна водоема реставраторам, приходится сталкиваться с большим количеством проблем, возникшим в результате пребывания артефакта в воде. К ним относятся:

-биоповреждения, разрушающие процессы сложного характера, возникающие в результате взаимодействия предмета с микроорганизмами, флорой водоемов;

-коррозионные разрушения различного характера при взаимодействии металлов и сплавов с растворенными в воде газами и солями;

-разрушения, возникающие в результате проникновения морской или пресной воды в структуру органических материалов;

-механические повреждения, возникшие как при кораблекрушении, так и при пребывании предмета на дне (в северных морях – льды).

Еще один важный фактор, о котором я хочу рассказать, является проблема, возникающая при подъеме предмета из воды, т.е. перемещение его из пусть неблагоприятного, но относительно стабильного состояния. При этом происходит резкий перепад влажности, температуры, резкое увеличение доли содержания кислорода и микроорганизмов в окружающей среде. Все это может пагубно сказаться на состоянии экспоната, как в первые часы после подъема предмета, так и при более длительном его нахождении на открытом воздухе. В последствии на предмет оказывают влияние условия режимов хранения и колебания ТВР. От того, в какие условия предмет попал, зависит его дальнейшая судьба.

Проблема сохранения объектов морского культурного наследия, неотъемлемой частью которой является проведение квалицированных реставрационных мероприятий подготовленными в этой области специалистами, становится в настоящее время все более актуальной, в связи с тем, что изучению предметов морской археологии уделяется все большее внимание.

5. Первичная обработка археологических артефактов, методики, подходы.

При формировании первых частей коллекции непосредственно следовавших за подъемом артефактов проводились пробные попытки обработки поднятых предметов. Опыта реставрационных работ, собственно школы реставрации, материалов и технологий проведения работ у специалистов на тот момент не было, было желание сохранить исторические предметы и представить их для изучения и представления посетителям.

Несмотря на все трудности, возникавшие у энтузиастов при проведении первичной полевой консервации**;** материалы, не предназначенные для работы с мокрым деревом, минерализованным металлом **-** большая часть дошедших до нас предметов не подверглась значительным разрушениям за наблюдаемый период.

Основной задачей, которую ставили перед собой участники формирования коллекции- было удаление поверхностных донных загрязнений, продуктов рыхлой коррозии, слабо держащихся на поверхности. При этом не было учтено то, что в древесной структуре, находившейся на дне более двухсот лет содержится избыток воды**;** соли**,** растворенные в морской воде; донные нефтяные отложения; продукты коррозии металла**.** Так же не были приняты в расчет значительные поражения металлов хлористой межкристаллитной коррозией.

После промывки простой водой и поверхностной сушки**,** часть экспонатов покрывались с целью консервации доступными на тот момент специалистам, пленкообразующими, зачастую необратимыми материалами, используемыми для бытовых нужд. Это с одной стороны запирало воду внутри предмета, с другой стороны затрудняло работу с ним при дальнейших мероприятиях.

Предметы, не прошедшие никакую специальную обработку, кроме удаления загрязнений, наоборот подверглись короблению и растрескиванию, вследствие быстрого высыхания.

6. Проблемы, проявившиеся в результате хранения коллекции.

В процессе осмотра предметов коллекции были выявлены значительные скрытые повреждения поверхности элементов продуктами коррозии и высолами. Это показали результаты исследований проб, взятых с поверхности деталей, в местах явного наличия инородного материала.

Так же при предварительном осмотре экспонатов, в зависимости от использованных материалов при изготовлении деталей, были выявлены следующие проблемы:

-При разборке экспонатов коллекции на элементы, обнаружилось продолжение деструктивных процессов в предметах, в частности выделение различных видов солей, особенно на внутренних стыковочных поверхностях элементов.

-Так же наблюдается продолжение коррозионных процессов с разрушением как сохранившихся металлических элементов, так и отложений продуктов коррозии на органических материалах, и данные места необходимо подвергнуть обработке ингибиторами коррозии в зависимости от степени поражения.

-Продолжается процесс коробления элементов из дерева, рост трещин и увеличение разрывов, появление новых мест расщепов.

-Поверхности экспонатов снова покрылись саже-пылевыми и жировыми загрязнениями; первоначальное консервационное покрытие в ряде мест фрагментарно деструктировано.

Консервационные покрытия и пропитки, применявшиеся при первичных консервационных работах после подъема предметов, проявили себя по-разному:

- Покрытие элементов из дерева составами консервационной и биопротекторной системы «Penotex» в целом зарекомендовало себя с точки зрения обеспечения сохранности предметов положительно, но при этом, являясь необратимыми (что нарушает принципы реставрации) не позволило поддерживать данные покрытия в работоспособном состоянии. При этом под пленкообразующими покрытиями оказались фрагментарные коррозионные отложения, в которых продолжается процесс окисления, что приводит, в частности, в данных местах к деструкции лаковых покрытий.

-Пропитка элементов из дерева растворами Полибутилметакрилата показала свой положительный консервационный эффект. Но, учитывая срок, прошедший со времени первичной консервации, выявилась необходимость повторной пропитки, что в данной ситуации окажет благоприятный эффект обеспечения сохранности.

-Тонировки, проведенные на отдельных металлических деталях или их фрагментах лаками типа «НЦ», потеряли к настоящему времени свою стойкость и цвет.

Немаловажным фактором являлись условия хранения экспонатов с момента их обретения до настоящего времени. При проведении детального осмотра пушек, поднятых с королевской яхты «Аврора» обнаружено, что в стволах находятся картечные заряды в деревянных пеналах.

7. Коллекция в настоящее время.

Коллекция в настоящее время содержит порядка **800** предметов разной степени сохранности и комплектности. В условиях создания новой экспозиции в отреставрированных помещениях здания цейхгауза Выборгского объединенного музея-заповедника, возникла необходимость профосмотра состояния предметов, в ходе которого была выявлена необходимость повторной реставрации части экспонатов, а также улучшение условий экспонирования.

Общим для всех условием обеспечение сохранности является создание регламентных условий стабильного поддержания температурно-влажностного режима (за период полугодового наблюдения за ТВР диапазон колебаний влажности составил от 42% до 72,3%, температуры от +18 до +26°С, что привело к частичному разрастанию трещин и деформаций деревянных деталей, к короблению предметов). Обеспечение условий пылезащищенности предметов.

Для бережного экспонирования части предметов, необходимо изготовление специальных демонстрационных конструкций, которые способствует снятию динамической нагрузки на экспонаты, деформации и разрушения поверхности, в т.ч. и под собственным весом.

Так же важна определенная периодичность профилактических осмотров экспонатов на предмет выявления и деактивации очагов выхода солей на поверхность элементов из дерева, внутренней коррозии в металлических предметах, деструкции консервационных покрытий, поновление консервационных и финишной отделок предметов.

8. Стратегия вторичной консервации коллекции и концепция новой экспозиции.

Основными задачами, поставленными перед специалистами при принятии реставрационной программы, является:

-Полное удаление выявленных поверхностных загрязнений донного характера и возникших в период после подъема артефактов. В процессе первичной обработки предметов была удалена

большая часть донных отложений и загрязнений, тем не менее часть их осталась в структуре предметов из дерева, в трещинах, расщепах, в корке коррозии металла.

-Удаление или утоньшение покрытий в случае их обнаружения для проведения дальнейших консервационных мероприятий. Покрытия, нанесенные на поверхности экспонатов при первичной обработке, отчасти сыграли положительную роль, т.е. в какой то мере замедлили процесс выхода влаги из капилляров древесины и препятствовали их быстрому растрескиванию, но с другой стороны носили необратимый характер и затрудняли проведение последующих работ.

-Укрепление всех деструктурированных участков обратимыми материалами.

-Обработка поверхностей древесины, имеющей в поверхностном слое более рыхлую структуру растворами обратимых полимеров с переменной концентрацией растворов, пропитка инъектированием деструктурированных участков древесины.

-Проведение ряда мероприятий, призванных стабилизировать процессы коробления древесины.

-Стабилизация древесины, поврежденной продуктами коррозии железа с применением ингибиторов.

-Обработка поверхности древесины, пораженной коррозионными отложениями ингибиторами коррозии; максимально возможное удаление продуктов коррозии металлов.

-Разработка ряда мер, призванных выявить и стабилизировать межкристаллитную коррозию металлов и удаление поверхностной коррозии.

-Сборка фрагментов, разрушенных в результате коробления, включает в себя клеевые, нагельные и другие соединения, призванные обеспечить целостность восприятия объектов и обеспечивающие механическую прочность деталей.

-Операции по сборке экспонатов и придания целостности памятникам.

Изготовление, воссоздание по образцам и аналогиям соединительных крепежных деталей в аутентичном материале, обеспечивающем прочность соединения

Заключение.

В обобщение опыта работы с предметами подводной археологии коллекции музея-заповедника «Выборгский замок» хочу сказать, что:

-реставрационные работы с экспонатами, поднятыми со дна, требуют индивидуального подхода к каждому предмету.

-при проведении полевых работ в составе экспедиции необходимо наличие квалифицированных специалистов и материальной базы для обеспечения первичных мероприятий, обеспечивающих стабильное состояние артефакта на период транспортировки его в стационарные реставрационные лаборатории.

-при поступлении предмета в оснащенную реставрационную лабораторию необходимо проводить комплекс физических и химических обследований для выявления повреждений материалов химическими, физическими и биологическими составляющими среды, из которых предмет извлечен.

-крайне актуальным в настоящее время является создание отдельного направления в области реставрационной деятельности – реставратор предметов подводной археологии с приданием этому направлению официального статуса.

-так же необходимо постоянное повышение квалификации и обмен опытом, практикующими специалистами с учетом приобретаемых знаний в т.ч. в рамках таких конференций.

Источники.

Гордюшина В. И."Разработка композиционных материалов для крупногабаритных деревянных конструкций из раскопа "Татарская слободка" острова-града Свияжск", статья, материалы Международной научно-методической конференции ГОСНИИР Исследования в консервации культурного наследия. Выпуск 5, ООО "Принт", 2019

Сорокин П. Исследования шведского военного корабля, затонувшего в Выборгском сражении. СПб, 1998, вып3 с 30-34

Шопотов К. А., Голенцов А. С. Работы подводно-археологическойэкспедиции общества «Память Балтики» в Выборгском заливе в 1995 г. // Новые археологические открытия и изучение культурной трансформации. СПб., 1996. С. 56-58.

УДК 433

МУЗЕЙНАЯ ЭКСПОЗИЦИЯ «КОРСАРЫ СРЕДИЗЕМНОГО МОРЯ»

MUSEUM EXPOSITION «CORSAIR OF THE MEDITERRANEAN SEA»

Ткаченко Юрий Георгиевич[1], Хохлов Сергей Александрович[1], Лыков Андрей Геннадьевич[1], Бардашов Михаил Николаевич[1], Садеков Ролан Нуриманович[1], Горлов Иван Олегович[1]

[1]АНО «Подводное археологическое общество»

Tkachenko Yury Georgievich[1], Khokhlov Sergey Alexandrovich[1], Lykov Andrey Gennadjevich[1], Bardashov Mikhail Nikolaevich[1], Sadekov Rolan Nurimanovich[1], Gorlov Ivan Olegovich[1].

[1]ANO Underwater Archaeological Society

Введение



Рис 1. Афиша выставки «Корсары Средиземного моря» в варианте на русском и английском языках.

В 2021 году, Институт Славяноведения РАН, совместно с АНО «Подводное археологическое общество» проводят выставку «Корсары Средиземного моря». Выставка пройдет в Греции и России и расскажет о малоизвестных для широкой публики обеих стран событиях 1-й Архипелагской экспедиции: командующий русскими военными силами в Средиземном море граф Алексей Орлов приглашает на службу греческих моряков: купцов и пиратов. Они становятся корсарами Российской империи.

Одна из целей создания экспозиции «Корсары Средиземного моря» - привлечь внимание к перспективам исследований морского культурного наследия, относящегося к 18 веку, связанных с историческими события 1-й Архипелагской экспедиции в Средиземном море.

Структура экспозиции представлена следующим образом: каждый раздел экспозиции дает зрителям один или несколько коротких рассказов, интересных документов и фактов. А

вместе все разделы создают яркую, объемную картину событий, которым посвящена выставка. К плакатам прикладываются копии исторических документов, связанных с описываемыми событиями. Материалы экспозиции подаются на плакатах формата А0, где каждый плакат —отдельная история.

Материалы выставочной экспозиции подготовлены на 3-х языках: русском, греческом и английском. Выставка содержит: судовые журналы корсаров, карты, схемы и отчеты об их боевых операциях. Часть экспозиции можно посмотреть на сайтах Института Славяноведения РАН (www.inslav.ru/event/vystavka-korsary-sredizemnogo-morya) и АНО «Подводное археологическое общество» (www.intersea.ru/corsairs.php).

Разделы экспозиции

В настоящий момент готовы 8 плакатов и, соответственно 8 разделов экспозиции:

1. Вступительный раздел, рассказ о том, кто же такие были корсары. Корсаров часто путают с пиратами, и поэтому здесь дан небольшой вводный рассказ об их правовом статусе.

2. 1-я Архипелагская экспедиция 1769-1774 гг. — краткий рассказ об этом военном предприятии, его организаторах и типах кораблей, участвовавших в нем.

3. Создание Архипелагского княжества 1770-1774 гг. — раздел рассказывает о том, как развивалась 1-я Архипелагская экспедиция на начальном этапе, о занятии моряками графа Орлова островов в Эгейском море и призвании на русскую службу греческих моряков — купцов и пиратов.

4. Греческая морская пехота в боевых действиях 1769-1774 гг. Во время 1-й Архипелагской экспедиции русскими и греческими моряками были высажены десятки десантов. В качестве примера, дается краткое описание крупнейшего из них — высадке на Митилену, остров Лесбос в 1771г.

5. Патрасское сражение 1772г. - рассказ о совместной боевой операции русских военных моряков и греческих корсаров: уничтожении флота османских корсаров в Патрасском заливе. Ионического моря.

6. Фрегат «Святой Николай» и шебека «Забияка» - первый и последний корсары 1-й Архипелагской экспедиции. Это история двух кораблей — участников событий. Фрегат «Святой Николай» первый присоединился к эскадре графа Орлова, участвовал во многих рейдах и сражениях, по окончании экспедиции перешел на Черное море. В 1788 году, во время очередной русско-турецкой войны, уже предельно изношенный, фрегат взял под Очаковом в плен турецкий линкор. Шебека «Забияка» - еще один заслуженный греческий корсарский корабль. Корабельный мастер Катасанов, находясь в Греческом Архипелаге, сделал с него модель в подарок императрице Екатерине. Императрица, через несколько лет, передала модель в Модель-камеру, преобразованную впоследствии в Морской музей. Это последняя сохранившаяся модель греческого корсарского корабля 1-я Архипелагской экспедиции. Сделана она так, что в будущем на ее основе можно будет построить настоящую шебеку.

7. Рейды греческих корсаров. Описание дальних крейсерских операций — рейдов на Египет и Сирию.

8. Иоаннис Варвакис — герой 1-й Архипелагской экспедиции 1769-1774 гг. и Греческой революции 1821-1829 гг. История греческого пирата, корсара, крупного бизнесмена, благотворителя и революционера.

Документы экспозиции

К каждому разделу экспозиции прилагаются копии исторических документов из архивов. На выставке будут представлены корсарские патенты, судовые журналы корсаров, карты и схемы их боевых операций, отчеты о проделанной работе. В экспозиции, например, представлен редкий документ - двуязычный судовой журнал, в котором все записи дублированы на греческом и русском. Это журнал греческого корсарского фрегата Святой Павел, на котором время от времени держал свой личный кейзер-флаг граф Орлов.

Дальнейшее развитие экспозиции

Экспозицию можно развивать добавлением новых интересных разделов: Разведка 1-й Архипелагской экспедиции; Информационная война графа Орлова; Тайная торговля графа Орлова с турками.

Экспозиция может развиваться не только количественно, но и качественно, через создание видеоконтента. Это видеоролики для экспозиции, документальные фильмы и возможно даже художественный сериал об описанных в экспозиции событиях.

В рамках подготовки выставки были созданы два коротких видеоролика. Их можно, вместе с плакатами выставки, посмотреть на сайте АНО «Подводное археологическое общество» www.intersea.ru. Один ролик — вступительный, другой рассказывает о корабле — участнике 1-й Архипелагской экспедиции, фрегате «Святой Федор». Корабль интересен тем, что он успел послужить сначала в британском флоте, потом в русском. Британский капитан передал его русскому капитану на главной базе графа Орлова на острове Парос. Корабль затонул возле острова Святого Евстратия в Эгейском море в 1771 году в результате открывшейся сильной течи. Экипаж фрегата был спасен греческими корсарами. Найденные в архиве ВМФ документы позволяют с высокой вероятностью определить место гибели корабля. Глубина, на которой он, предположительно, лежит, дает возможность его дальнейшего исследования. Если к фрегату будет организована подводная экспедиция, полученные видеоматериалы могут сделать экспозицию «Корсары Средиземного моря» еще интереснее.

Заключение

В процессе работы над выставкой были найдены указания на еще ряд мест, где затонули корабли, связанных с 1-й Архипелагской экспедицией. Это позволяет надеяться, что в будущем к ним будут организованы подводные экспедиции и выставочная экспозиция «Корсары Средиземного моря» пополнится новыми материалами.

Список источников

При создании экспозиции были использованы документы из фондов Архива ВМФ в Санкт-Петербурге (РГАВМФ):

1. Фонд № 42 Комиссия адмиралтейского воинского суда, учрежденная при порте Ауза (остров Порос) в войну 1768 - 1774 гг. с Турцией.
2. Фонд № 149 Комиссия по разделу призов по эскадре вице-адмирала Д.Н.Сенявина.
3. Фонд № 172 КАНЦЕЛЯРИЯ ВИЦЕ-ПРЕЗИДЕНТА АДМИРАЛТЕЙСТВ-КОЛЛЕГИИ ГЕНЕРАЛ-ФЕЛЬДМАРШАЛА И.Г.ЧЕРНЫШЕВА г. С.-ПЕТЕРБУРГ (?-1797)
4. Фонд № 188 ВОЕННО-ПОХОДНАЯ КАНЦЕЛЯРИЯ ВИЦЕ-АДМИРАЛА А.В.ЕЛМАНОВА ПО КОМАНДОВАНИЮ ЭСКАДРОЙ, ВПОСЛЕДСТВИИ ФЛОТОМ В СРЕДИЗЕМНОМ МОРЕ (1769-1776г.г.)
5. Фонд № 190 ВОЕННО-ПОХОДНАЯ КАНЦЕЛЯРИЯ АДМИРАЛА Г.А. СПИРИДОВА ПО КОМАНДОВАНИЮ ЭСКАДРОЙ В СРЕДИЗЕМНОМ МОРЕ (1769-1774г.г.)
6. Фонд № 212 ГОСУДАРСТВЕННАЯ АДМИРАЛТЕЙСТВ-КОЛЛЕГИЯ (1717-1827г.г.)
7. Фонд № 315 МАТЕРИАЛЫ ПО ИСТОРИИ РУССКОГО ФЛОТА. КОЛЛЕКЦИЯ
8. Фонд № 870 Вахтенные журналы (коллекция). (1719-1917)
9. Фонд № 1331 АТЛАСЫ, КАРТЫ И ПЛАНЫ АРХИВА ЦЕНТРАЛЬНОГО КАРТОПРОИЗВОДСТВА (КОЛЛЕКЦИЯ)

УДК. 37: 355.75

К ВОПРОСУ О МУЗЕЕФИКАЦИИ КОРАБЛЕЙ (СУДОВ)

TO THE QUESTION ABOUT MUSEIFICATION OF SHIPS (VESSELS)

Мозговой С.А.

Sergey Mozgovoy

Институт Наследия, Москва, e-mail: marine-heritage@yandex.ru

Institute of Heritage, Moscow

Русское географическое общество

Russian Geographical Society

Особое место среди объектов морского культурного наследия занимают исторические и мемориальные корабли и суда, которые в отличие от реплик изначально обладают ценными качествами историзма, аутентичности и богатой историей. В XX-XXI веках во многих, прежде всего морских, странах мира широкое распространение получила практика музеефикации кораблей (судов). Музеефикация исторических судов (кораблей) как образцов материальной культуры является особым и весьма важным направлением деятельности по сохранению морского наследия. Ведь корабль является наиболее ярким объектом материального морского наследия.

В России начало музеефикации положил создатель Российского Флота император Петр 1. Как известно, Петр I издал 7 февраля 1722 года специальный Указ, получивший известность как «петровский указ воеводам переславским», гласивший: «Надлежитъ вам беречи остатки кораблей, яхтъ и галеры, а буде опустите, то взыскано будетъ на васъ и на потомкахъ вашихъ, яко пренебрегшихъ сей указъ. Петръ». Хотя на практике по его указанию выведенные из эксплуатации суда в Петербурге сохранялись с 1719 года: первый фрегат Балтийского флота «Штандарт», шнява «Мункер» и трофейные корабли – фрегат «Элефант» и шнява «Астрильд». В последующие годы число сохраняемых кораблей росло и к 1732 году превысило два десятка. Отдельные «свидетели» Персидского похода Петра I - его плезир-яхта и верейка, сходная с той, что экспонируется в Домике Петра в Санкт-Петербурге, сохранялись в Астрахани вплоть до 1919 года.

К сожалению исторические суда приходили ветхость и горели, поэтому с 1742 года вместо оригиналов решено было сохранить модели памятных кораблей [1]. В 1767 году после окончания плавания императрицы Екатерины II по Волге было решено сохранить в Казани четыре из шести построенных в Твери специально для этого путешествия галер: «Тверь», Ярославль» и «Казань». В 1804 году из всех галер, разобранных за ветхостью, одну «Тверь» по решению Александра I было велено «хранить, не переменяя того вида, какой она имела во время Высочайшего путешествия…». Этот памятник был утрачен во время пожара в 1956 году.[2] В целом же, практика сохранения исторических судов в XVIII-XIX-м и начале XX века была ещё достаточно редким явлением.

Наибольшее количество кораблей музеев создано в США. Большой опыт также накоплен в Германии, Англии, Франции, Бельгии, Нидерландах и других странах. Среди крупных морских держав, Россия располагает наименьшим количеством кораблей-музеев. В нашей стране насчитывается около 30 музеефицированных кораблей и судов. Наиболее известными из них являются крейсер «Аврора» (филиал ЦВВМ), ледоколы «Ленин» и «Красин» (филиал ММО), НИС «Витязь» (также объект ММО), «Св.Николай» (Красноярск), ледокол «Ангара», корабль-мемориал «Красный Вымпел» (бывшая парусно-паровая яхта «Адмирал Завойко», Владивосток), дизельные подводные лодки

С-56, Д-2, Б-413 и др. Ведутся работы по музеефицикации атомной подводной лодки К-3 «Ленинский комсомол». Редким музейным экспонатом является ботик Петра Великого. Уникальным памятником истории и техники является филиал Красноярского краевого краеведческого музея - пароход-музей «Св. Николай», построенный в 1886 году в Тюмени. А в составе Иркутского областного краеведческого музея есть Музей-ледокол «Ангара» - самый старый из сохранившихся ледоколов в мире, которому 7 августа 2020 года исполнилось 120 лет со дня спуска на воду. Музеефикация ледокола осуществлена таким образом, что обновленное машинное отделение ледокола остаётся в рабочем состоянии, сохранен двигатель и машинное отделение судна. Поэтому посетители могут прикоснуться к аутентичным силовым агрегатам судна, сохранившим свой исторический облик. Для более комфортного ориентирования посетителей разработана навигация по судну, установлены информационные таблички с названиями и описанием помещений, судовых механизмов. Здесь в рабочем состоянии сохранился двигатель и машинное отделение ледокола.

В повестке дня вопросы о музеефикации некоторых других кораблей и судов. Среди них есть исторические суда, находящиеся в эксплуатации: «Седов», «Крузенштерн», «Коммуна» и другие, которые нуждаются в придании им статуса памятников федерального значения.

Для нас вопрос музеефикации кораблей (судов) актуален по причине утраты многих уникальных исторических кораблей (судов), проблем, возникающих с их сохранностью и сохранением аутентичности. Например, в 20 веке в СССР и России были утилизированы такие уникальные и прославленные корабли как подводная лодка «Пантера» и ледокол «Ермак», преступно утрачены колесные пароходы «Спартак» (первое дореволюционное название «Великая княжна Татьяна Николаевна»), пассажирский и буксирный пароходы «Ласточка», «Степан Разин» (до революции «Редедя князь Косогский») и другие уникальные корабли и суда.

Это обстоятельство ставит в повестку дня вопрос о необходимости принятия заблаговременных мер по недопущению подобных утрат. Также актуальным остается вопрос физической сохранности музеефицированных кораблей (судов). Это очень сложная проблема и решается она по-разному.

Корабли представляют собой сложный научно-технический памятник, поэтому для их музеефикации разрабатываются специфические приёмы к музейному показу. Первой в нашей стране музеефицированной подводной лодкой стала советская дизель-электрическая торпедная Гвардейская Краснознамённая подводная лодка С-56, установленная в качестве корабля-музея на Корабельной набережной г. Владивостока 9 мая 1975 года, в день 30-й годовщины Победы советского народа в Великой Отечественной войне. Сегодня С-56 входит в мемориальный комплекс «Боевая слава Тихоокеанского флота» и имеет статус объекта культурного наследия регионального значения. Во время переделки боевого корабля в музей на судоремонтном заводе был разрезан на несколько отсеков корпус подводной лодки, затем отсеки были доставлены к набережной, состыкованы и установлены на берегу на фундамент. Внутренние помещения переоборудованы в музей таким образом, что часть механизмов были демонтированы (в кормовой части ПЛ) и вместо них размещена экспозиция, посвящённая подводным силам Тихоокеанского флота. В центральной и носовой части отсеки ПЛ сохранены, в центральном посту сохранён перископ, на стеллажах в первом отсеке, как и положено, размещён торпедный боезапас).[3].

В 1989 году специальным постановлением правительства был создан мемориальный комплекс, посвящённый героям-подводникам Великой Отечественной войны, учёным, конструкторам и судостроителям советская дизель-электрическая торпедная подводная лодка Великой Отечественной войны Д-2 «Народоволец». Музейный комплекс был разработан в бюро морской техники ФГУП «ЦКБ МТ Рубин», а на

«Балтийском заводе» (г. Санкт-Петербург) проведены работы по музеефикации. В том же 1989 году подводная лодка «Д-2» была установлена в качестве музейного мемориала, а с 1994 года функционирует как подводная лодка – музей. Бывший корабль, а ныне памятник, был приспособлен для осмотра посетителями путём вскрытия отсеков, вырезки палуб и переборок, устройства дополнительных удобных трапов, переходов, площадок для осмотра, организации дополнительной экспозиции в аккумуляторных ямах.[4]. В семи отсеках прочного корпуса демонстрируются корабельное вооружение и оборудование, механизмы, системы и устройства, жилые помещения. Особое впечатление производят подлинные образцы вооружения, механизмов и технических средств: торпедные аппараты, оборудование центрального поста, дизели, электромоторы. Также часть экспозиции расположилась в отдельном здании. Здесь представлена история создания подводной лодки «Д-2» («Народоволец»), ее вооружение и боевой путь, а также показана история развития отечественных подводных лодок с начала XX в., модели ПЛ и другие экспонаты, отражающие боевой путь ряда подводных лодок КБФ. Стены наземного павильона украшены картинами с изображением эпизодов боевой деятельности подводников. Филиал ЦВММ «Подводная лодка «Д-2» («Народоволец») является важным средством историко-патриотического и нравственного воспитания российских граждан и активно используется в учебных курсах подготовки будущих подводников.[5].

Отработанные на музеефикации подводных лодок С-56 и Д-2 методики, в дальнейшем частично применялись и на других кораблях. Примером может служить создание подводной лодки – музея Б-396 «Новосибирский комсомолец» на территории парка «Северное Тушино» столицы. Однако, эта подводная лодка в ходе музеефикации претерпела столь значительную переделку отсеков, боевых постов, других внутренних помещений, что перестала отражать реальный боевой корабль. В таком музее посетитель никогда не поймёт, что из себя представляет настоящая подводная лодка, даже частично не ощутит атмосферу боевого подводного корабля, так как в «отсеках» демонтирована основная часть оборудования и они превращены в большие просторные залы со стендами, даже издалека не напоминающие помещения ПЛ. Это пример того, как нельзя поступать с боевым кораблем, особенно с подводной лодкой при музеефикации. Такой музейный корабль перестаёт быть объектом культурного наследия в полном смысле этого слова. Посетитель должен ощутить дух боевого корабля, поэтому очень важно максимально сохранить его аутентичность. Главным принципом музеефикации боевого корабля должен быть принцип аутентичности, подлинности. А какие-то стенды общего характера, рассказывающие о флоте, море, кораблях можно и нужно размещать во вспомогательных зданиях и помещениях на берегу.

Справедливости ради отметим, что не все музеи идут на «разрушение» объекта культурного наследия. Например, в Музее Мирового океана стараются максимально сохранить корабли (суда) в их первоначальном, подлинном виде, не внося конструктивных изменений в такой музей. Подводная лодка-музей Б-413 здесь полностью отражает характер боевого корабля. Тоже самое можно сказать о советских и российских подводных лодках в других странах. Например, в морском музее Зеебрюгге (Бельгия) много лет была советская дизельная подводная лодка Б-21 (Б-821) «Брянский комсомолец». Она также не подверглась конструктивным переделкам и, в целом, передавала аутентичную атмосферу подводной лодки. Для посетителей здесь демонстрировались фильмы о морских походах и сражениях, сопровождаемые звуками взрывов глубинных бомб и скрежета минрепов, а также фильмы о действиях советских подводников в годы «холодной войны», которые сопровождались звуками стреляющих торпед и акустикой моря.

Недостатки экспозиции здесь были связаны не с конструктивными изменениями, а с ошибками музея по наименованию корабля, плохим уходом за корпусом и внутренними помещениями, неадекватной презентацией отдельных экспонатов. Экспозиция здесь была оформлена с нарушением исторической объективности, грубо искажены морские

традиции советского флота и морская культура, что проявлялось в плохом содержании корабля и низкой морской культуре сотрудников музея. Кругом была ржавчина, грязь, а на переборках красовались советские агитационные политические плакаты, приклеенные прямо к переборкам, чего никогда не было ни на одном военном корабле советского и российского Военно-Морского Флота, так как вся наглядная агитация, корабельные таблицы и инструкции обязательно должны размещаться на стендах, которые в свою очередь аккуратно крепятся к переборкам. Манекены, изображающие моряков, были одеты в смешанную форму одежды, не соответствующую форме одежды советского и российского флота.

Во время посещения музея и ПЛ в мае 2009 года меня оскорбила явно антисоветская и русофобская экспозиция в духе «холодной войны». В посту СПС подводной лодки был размещён манекен, изображающий советского матроса – шифровальщика с бутылкой русской водки и хвостом селедки, преданно смотрящий на политический плакат «Воениздата» с изображением В.И. Ленина, что конечно же, не соответствовало реальной действительности на советских боевых кораблях. Подобную экспозицию можно расценивать как свидетельство продолжения «холодной войны» музейными средствами. Влиять на менеджеров подобных музеев крайне тяжело, так как Россия не является собственником нашего морского наследия, находящегося за границей. Тем не менее, строгого и убедительного разговора с сотрудниками музея о принципах музейной работы, нормах и этике музейного дела оказалось достаточно, чтобы устранить это безобразие. В результате «водочную экспозицию» убрали.[6]. Однако саму подводную лодку музей в 2019 году вынужден был продать на металлолом и отправить на разборку в связи с отсутствием средств для дорогостоящего содержания. Корабль-музей на плаву нуждается в плановом доковании, что может себе позволить не любой музей из-за нехватки финансовых средств. Не случайно в той же Бельгии многие музеефицированные корабли (небольшого водоизмещения) стоят на берегу или в музейных помещениях, напоминающих «сухие доки» на бетонных опорах. Это позволяет лучше и дешевле обслуживать музейный экспонат. Также вполне уместно ставить корабли-музеи в сухих исторических доках. [7].

Отметим, что по причине недооценки необходимости музеефикации ценных образцов науки и техники, а также прославленных героических кораблей, наша страна утратила ледокол «Ермак», подводную лодку «Пантера» (тип «Барс»), пассажирские пароходы «Спартак» (первое дореволюционное название «Великая княжна Татьяна Николаевна»), пассажирский и буксирный пароходы «Ласточка», «Степан Разин» (до революции «Редедя Князь Косогский»), барк «Ломоносов» («Эклипс»), полярные исследовательские суда: ледокол «Таймыр» и ледорез «Литке» и другие уникальные корабли и суда. Не сохранили и серийные и по-своему уникальные боевые корабли, вынесшие на себе большую нагрузку по защите Отечества: эскадренные миноносцы проекта 7, проекта 30-бис, сторожевые корабли проекта 50, проекта 1135 и другие. Однако, некоторые из этих кораблей еще можно найти на «кладбище кораблей» и сохранить для потомков, проведя необходимые работы по музеефикации. [8].

В связи с большой стоимостью работ по музеефикации больших подводных лодок, сложилась практика сохранения ограждений рубок ПЛ, превращения их в мемориалы.

Задача сохранения исторических судов требует системной работы. Необходимо нормативно-правовое закрепление отнесения того или иного корабля (судна) к «историческому» на основе научно-обоснованных критериев. Они должны обладать охранным статусом, для чего целесообразно создать Национальный реестр исторических судов. Помимо охранного статуса, корабли и суда, включённые в реестр, должны обладать налоговыми льготами, получать государственные гранты и дотации на ремонт и восстановление, освобождение от портовых сборов и другие скидки. Кроме того, им должны выделяться специальные оборудованные места швартовок.

Критериями отнесения судов к историческим могут быть следующие: значительный вклад корабля в историю страны или сопричастность корабля к выдающемуся историческому событию; связь корабля с жизнью и деятельностью исторического лица; судно представляет редкий и оригинальный образец конструкции (дизайна, стиля) своего времени; корабль является символом мощи Российского Флота, его героизма, примером исторического судостроения и демонстрирует национальную морскую самобытность; в корабле (судне) заложен большой и актуальный для страны информационный потенциал; - возраст правсредства не менее 50 лет (допускаются исключения).

Список литературы

1. Георги В.С. К святой Земле под парусом «Надежды». Петрозаводск. 1992. С.243.
2. Чепелев В.Р. Галера «Тверь» и её печальная судьба // Катера и яхты, 2007. №1 (205). С. 89-91.
3. Журавлёв Е. Гвардейская Краснознамённая подводная лодка «С-56» Тихоокеанского флота. // Морской сборник. — 2021. — № 3. — С.75-78.
4. Каулен М.Е. Музеефикация историко-культурного наследия России. — М.: Этерна, 2012. — С. 336.
5. Нехай Р.Ш. Мемориальное наследие Великой Отечественной войны в Центральном военно-морском музее имени императора Петра Великого // Морской сборник. 2020. - № 9. - С. 90.
6. Мозговой С.А. Военное и морское наследие России в Бельгии // Журнал Института Наследия. 2016. -2(5). http://nasledie-journal.ru/ru/journals/75.html (Дата обращения 15.08.2021 г.).
7. Мозговой С.А. Морское культурное наследие России: изучение, сохранение, музеефикация / С.А. Мозговой. — М.: Институт Наследия, 2021. — 434 с.: — ил., прилож. – С. 279.
8. Мозговой С.А. Морское культурное наследие России: изучение, сохранение, музеефикация / С.А. Мозговой. — М.: Институт Наследия, 2021. — 434 с.: — ил., прилож. – С. 280.

Подводное культурное наследие

Стендовые доклады

Underwater cultural heritage

Poster presentations

УДК 904

ПОДВОДНО-АРХЕОЛОГИЧЕСКИЙ ПАРК БАЙЯ КАК НОВАЯ ФОРМА УЧРЕЖДЕНИЯ МУЗЕЙНОГО ТИПА

THE BAJA UNDERWATER ARCHAEOLOGICAL PARK AS A NEW FORM OF A MUSEUM-TYPE INSTITUTION

Фазлуллин Сергей Маратович, Тарасова Кристина Андреевна
Российский государственный гуманитарный университет, Москва

Fazlullin Sergey, Tarasova Kristina
Russian State University for the Humanities, Moscow

Введение

Подводное культурное наследие Италии имеет выдающуюся роль в понимании истории Большого Средиземноморья. На его дне находятся тысячи свидетельств бытования древних цивилизаций. Открывая их, у исследователей есть выбор – достать их и поместить в музей, или охранять на месте. В ряде случаев доставать исторические артефакты со дна не имеет смысла. Зато законсервированные на дне объекты могут становиться посещаемыми достопримечательностями.

Основным международным документом, защищающим подводные археологические объекты, стала Конвенция об охране подводного культурного наследия, разработанная ЮНЕСКО в 2001 году и вступившая в силу 2.01.2009.

Италия стала одной из первых стран, подписавших конвенцию ЮНЕСКО 2001 года. На базе Конвенции и Итальянского законодательства успешно развивается сохранение объектов подводного культурного наследия в месте нахождения. На данный момент в Италии находятся 27 морских охраняемых территорий, включая морской заповедник китообразных и два подводных парка, а также три национальных парка, защищающих часть моря, прилегающую к ним. В общей сложности, охраняемые районы занимают 228 000 гектаров.

За сохранение подводного культурного наследия отвечает Министерство культурного наследия в сотрудничестве с Управлением (итал. Soprintendenza) в административных областях. Управление руководит конкретными мероприятиями по охране и техническому обслуживанию подводных парков, разработки их веб-портала, проведения учебных курсов и экскурсий. При этом Управление предоставляет руководство местным некоммерческим учреждениям, дайв-центрам, для работы с посетителями, контроля и распространения знаний о подводном культурном наследии, проведения исследований.

Затопленный город Байя, находящийся в южной части крупного вулканического района Кампи-Флегрей, расположен вдоль западного побережья Неаполитанского залива. С IV по I века до н.э. Байя был знаменитым морским курортом римской аристократии. В III веке н.э. Байя начал погружаться под воду вследствие сейсмического явления брадисейсм[1]. Постепенно город полностью ушел под воду, при этом не испытывая сильного волнового разрушения.

[1] Брадисейсм - это постепенное поднятие или опускание части поверхности Земли, вызванное заполнением или опорожнением подземного магматического очага и/или гидротермальной активностью, особенно в вулканических кальдерах

Интерес к затопленному городу начался еще в 1920-х годах. Тогда на дне были случайно обнаружены скульптуры, проточные садки для содержания рыбы с императорскими знаками. В 1955 под руководством профессора Нино Ламбольи были начаты систематические исследования порта Байя. До конца 1990-х годов была проделана большая работа: нашли и нанесли на карту часть подводных сооружений, например виллу dei Pisoni и con Ingresso a Protiro, широкий канал lacus Baianus, ограниченный причалами и др.

Управление порта Байя в 1994–1998 года издало специальные указы, которые регулировали транзит коммерческих моторных судов. Было запрещено швартоваться прогулочным судам в бухте, где расположены затопленные сооружения. Данный район стал охраняться правилами Портового управления. Парк был огражден демаркационными буями и рядом был создан туристический центр. В 1999 впервые было произведено посещение парка по программе рекреационного дайвинга. В 2007 году затонувший город был передан в оперативное управление ассоциации Assodiving Flegreum, представленной дайвинг центром Sub Campi Flegrei для посещения затонувшего города посредством погружения под воду.

Территория парка делится на несколько зон с различной степенью регулирования. Зона А, простирающаяся у Пунта-Эпитафио, является местом, где введены максимальные ограничения. Она предназначена для наиболее сохраненных подводных объектов. Зона В – вся оставшаяся территория с ограничениями общего типа. И зона С обладает частичными ограничениями. Наличие различных категорий ограничений зависит от археологического интереса, который они представляют, на усмотрение управления.

Что же может увидеть турист, погрузившись в подводный парк? Виллу де Пизони, датируемую I веком до н.э., где был организован заговор против римского императора Нерона. Вилла была атрибутирована благодаря найденному кусочку свинцовой водопроводной трубы, где значилась надпись «L Pisonis». Пунта-Эпитаффио нимфеум, знаменитый мраморными статуями, изображающие членов семьи императора Клавдия. Во дворце Клавдия можно увидеть развалины павильона с фонтанами, триклиний, банные помещения с мозаичными полами, винные лавки. В затонувшем городе есть и пирсы, расположившиеся рядом с Портом Юлиус на двенадцатиметровой глубине, в окружении римских зданий.

Сегодня желающие увидеть затопленный город могут посетить пять подводных мест, которые оборудованы направляющими канатами и пояснительными табличками. Посетителей сопровождают дайвинг гиды на протяжении всего их подводного путешествия. Есть возможность посещать затопленные объекты на лодках со стеклянным дном. Более того, в подводном парке для любителей дайвинга проводятся учебные курсы подводной археологии, в процессе которых можно познакомиться с основами подводной съемки, создания планов, проведения операций по чистке морского дна. Вскоре появится возможность проведения дайв-туров с использованием планшетов с водонепроницаемым корпусом, что позволит дайверам узнать свое месторасположение в пределах объекта, получить информацию о достопримечательностях, глубине и времени погружения.

Затонувший город Байя стал не только местом первых исследований подводных сооружений, где применялись новые стратегии раскопок, документации и защиты, но и участником важных проектов по актуализации подводного культурного наследия.

Самым главным и значимым проектом, в котором принимает участие затонувший город, считается MUSAS, цели которого заключаются в создании веб-портала для виртуального музея подводных объектов, где будут предоставлены 3D-модели сооружений с иллюстрацией найденных артефактов, ныне размещенных в музеях; формирование системы

разведки на подводных объектах; разработка сети инновационных датчиков, способствующих мониторингу окружающей подводной среды, пониманию состояния находящихся в воде объектов и обнаружению местоположения дайверов.

Другой важный проект, реализуемый в подводном парке Байя, - создание базы данных археологических рисков SAMAS (Schedatura Analitica Manufatti Archeologici Sommersi). Благодаря этому «каталогу» появится возможность получить представление об износе затопленных сооружений. Это поможет управлению составить качественную программу технического обслуживания будущего парка. SAMAS может оказать неоценимую услугу в планирование операций, направленных на раскопки, сохранение и восстановление объектов, погрузившихся под воду, т.к. благодаря данной базе можно будет увидеть частоту встречаемости различных факторов риска.

Спустя несколько лет после открытия парка, выбор, который сделало Управление, доверив достопримечательность дайв-центру для организации посещения объекта посетителями, является правильным. Байя защищен и активно эксплуатируется, число посетителей с каждым годом только увеличивается. Создание подводных парков не только способствует актуализации подводного культурного наследия, но и благоприятствуют формированию новых рабочих мест, т.е. рядом с наследием появляются отели, рестораны, частные концерны, занимающиеся обслуживанием парка, мониторингом и экскурсиями.

Заключение

Учитывая способы организации пространства и работы в подводно-археологическом парке Байя, можно утверждать, что на данный момент у итальянских специалистов имеется достаточно опыта в создании и эксплуатации подводных парков, что, в свою очередь, определенно доказывает полезность подобных учреждений музейного типа в сохранении (консервации и реставрации) и показе подводных ценностей.

Подводный парк можно рассматривать в качестве учреждения музейного типа, поскольку такие учреждения исполняют отдельные функции музея и практикуют некоторые свойственные музеям формы деятельности. Работа, осуществляемая в подводном парке Байя, соприкасается с понятиями, данными ИКОМ в определении музея. Подводно-археологический парк Байя:

-служит обществу (проводятся различные экскурсии к затонувшим сооружениям (погружение и лодки со стеклянным дном));
-заботится об общественном развитии (курсы (по подводной археологии и дайвингу), которые дают знания о проведении археологических экспедиций под водой + проект MUSAS (создание виртуального музея), школьные экскурсии на лодках);
-открыт для публики;
-его цели: обучение, развлечение (получение опыта погружения);
-хранение (в парке проведена консервация объектов);
-изучение (существуют различные публикации, посвященные парку);
-демонстрация и популяризация затонувших объектов.

Подводный парк является государственной, научно-исследовательской организацией, он выступает определенной моделью, посредством которой сохраняется, эксплуатируется и популяризируется подводное культурное наследие. Данное учреждение музейного типа хранит в себе выдающийся потенциал в сфере научных исследований, туризма и экономики

района, предоставляя рабочие места местным жителям. Это - прекрасная модель, которая может быть внедрена в других странах при учете некоторых изменений, которые могут возникнуть в связи с особенностями географии и политики страны.

Список литературы

Gonzalo Rodríguez Prado, International experiences in the legal protection and management of underwater cultural heritage and their possible implementation in Uruguay / Gonzalo Rodríguez Prado. – New York : Division for ocean affairs and the law of the sea office of legal, 2014. – 130 с.

Databases: Underwater cultural heritage sites [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.unesco.org/new/en/culture/themes/underwater-cultural-heritage/underwater-cultural-heritage/databases/. – Дата доступа: 02.12.2020.

Il Recupero dei tesori sommersi: Progetto Archeomar [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.vesuviolive.it/cultura-napoletana/archeologia-vesuvio/50548-recupero-dei-tesori-sommersi-progetto-archeomar/. – Дата доступа: 02.12.2020.

Barbara Davidde Petriaggi, MUSAS: an innovative project for the enhancement of the Underwater Cultural Heritage / Barbara Davidde Petriaggi, Michele Stefanile, Marco D'Agostino, Sandra Ricci, Carlotta Sacco Perasso //International Conference in Management of Accessible Underwater, Cultural and Natural Heritage Sites: "Dive in Blue Growth". – 2019. – С. 169-179.

Barbara Davidde Petriaggi, Reconstructing a Submerged Villa Maritima: The Case of the Villa dei Pisoni in Baiae / Barbara Davidde Petriaggi, Michele Stefanile, Roberto Petriaggi, Antonio Lagudi, Raffaele Peluso, Paola Di Cuia// Heritage. – 2020. – № 3. – С. 1199-1209.

Barbara Davidde, Underwater archaeological parks: a new perspective and a challenge for conservation-the Italian panorama / Barbara Davidde // The International Journal of Nautical Archaeology. – 2002. – С. 83-88.

Roberto Petriaggi, Management strategies for conservation restoration and fruition of underwater archaeological parks / Roberto Petriaggi // Archaeologia Maritima Mediterranea. – 2016. – № 13. – С. 55-72.

Roberto Petriaggi, The role of the Italian Central Institute of Restoration in the field of underwater archaeology / Roberto Petriaggi // Tlze International Journal of Nuutical Archueology. – 2002. – № 31.1. – С. 74-82.

Roberto Petriaggi, Underwater Museums / Roberto Petriaggi, Barbara Davidde, Sandra Ricci // Restoring in Italy: Art and technology in the activities of the istituto superiore per la conservazione ed il restauro. – 2013. – С. 159-165.

Michele Stefanile, Baia, portus Julius and surroundings: diving in the underwater cultural heritage in the bay of Naples (Italy) / Michele Stefanile // The proceedings of 6 International Symposium on "Underwater Research". – 2012. – № 6. – С. 28-47.

Michele Stefanile, Underwater Cultural Heritage, Tourism and Diving Centers: The case of Pozzuoli and Baiae (Italy) / Michele Stefanile // IKUWA. – 2020. – № V. – С. 213-224

Bradyseism in the Flegrea Area [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://whc.unesco.org/en/tentativelists/2030. – Дата доступа: 01.10.2020.

Centro Sub Campi Flegrei [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.centrosubcampiflegrei.it/en/visit-the-submerged-park-of-baia/. – Дата доступа: 05.11.2020.

Progetto Musas - Musei di archeologia subacquea [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.progettomusas.eu/en/. – Дата доступа: 21.10.2020.

УДК 904

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ КОНСЕРВАЦИИ ВЛАЖНОЙ АРХЕОЛОГИЧЕСКОЙ ДРЕВЕСИНЫ

MODERN METHODS OF PRESERVATION OF WET ARCHAEOLOGICAL WOOD

Фазлуллин Сергей Маратович, Сушкова Анастасия Олеговна
Российский государственный гуманитарный университет, Москва, Россия

Fazlullin Sergey, Sushkova Anastasiya
Russian State University for the Humanities, Moscow, Russia

Для современных археологов информация, заложенная в деревянных артефактах исключительно важна. Но дерево, как органический материал подвержено разрушению и требует специальных методик по сохранению. Со временем изменится и химический состав древесины, а из-за разрушения структуры сильно повышается водопоглощение.

Чтобы сохранить для будущего частично разрушенную древесину исторических зданий, необходимо обеспечить защиту от биоразрушителей и возможных возгораний, придать древесине механическую прочность, достаточную для несения основной конструкционной нагрузки.

Комплексная защита древесины может быть осуществлена обработкой либо последовательно растворами антисептиков и антилиренов, а затем укрепляющими растворами полимеров, либо раствором, содержащим все необходимые компоненты.

Применение находят комплексные защитные и укрепляющие составы для древесины, растворимые как в воде, так и в органических растворителях. Комплексную защиту древесины обеспечивают пропиточные составы на основе перхлорвиниловых олигомеров, галогенсодержащих эфиров фосфорной и борной кислот в сочетании с полимерами акрилового ряда и КОС.

Введение консервантов в поры частично разрушенной древесины не следует рассматривать как ухудшение, обесценивание памятника. Скорее наоборот – консервация путем введения в структуру древесины веществ долговременного действия повышает историческую ценность памятника, является вкладом нашей эпохи в материальную историю.

Для пропитки древесины в зданиях и сооружениях, находящихся на открытом воздухе, нецелесообразно применять полиакрилаты и ПВБ, так как эти полимеры не проникают глубоко в древесину в радиальном направлении и недостаточно устойчивы к атмосферным воздействиям. Не рекомендуется использовать и эпоксидные смолы (эпидиам, аральдит и др.), имеющие невысокую стойкость к УФ-облучению.

Большой интерес для укрепления частично разрушенной древесины представляют мономерные системы и форполимеры. Так, 20–30%-й раствор смеси форполимера изоцианата с полиэтиленгликолем обладает низкой вязкостью и легко проникает в глубь древесины. В результате взаимодействия свободных изоцианатных групп с содержащейся в древесине водой образуются полиуретаны, и прочность частично разрушенной древесины резко повышается.

Для консервации древесины в памятниках деревянного зодчества пригодны полиметил- и полибутил метакрилаты, винифлекс – сополимер винилхлорида с винилизобутиловым эфиром, акриловые смолы и сополимеры акрилатов. Широкое применение находит

акриловая смола Paraloid B-72 (растворы в толуоле, ксилоле), эпоксидные смолы. Для достижения эффекта, укрепления в древесину необходимо вводить 15–30% смолы. Длительное наблюдение за древесиной, пропитанной акрилатами, показало, что со временем происходит деструкция как самих полимеров, так и композитов на их основе.

Наибольшей подвижностью обладают растворы в ацетоне, но высокая летучесть ацетона снижает глубину пропитки. Поскольку ацетон хорошо смешивается с водой, целесообразно проводить предварительную пропитку влажной древесины ацетоном, а затем уже обрабатывать ее ацетоновыми растворами эпоксидных смол. Это способствует более глубокому проникновению их в древесину.

Пропитку небольших предметов из дерева лучше всего проводить в автоклавах с переменным давлением. Следует отметить, что модификация эпоксидными и полиуретановыми смолами вызывает непроходящее после отверждения потемнение древесины.

Для укрепления неокрашенного сухого частично разрушенного дерева можно применять растворы мочевино-, меламино-, феноло- и резорциноформальдегидных олигомеров. Несмотря на высокую стоимость резорцина, последние предпочтительны, так как дерево, укрепленное резорциноформальдегидными олигомерами имеет высокие физико-механические показатели и хорошую стойкость в атмосферных условиях.

В качестве пластификаторов в пропиточные составы на основе перечисленных олигомеров рекомендуется вводить глицерин или другие многоатомные спирты, перспективно использование водо- и спирторастворимых полиэтиленгликолей с молекулярной массой 400–1000.

В качестве отвердителя для этих олигомеров в реставрационной практике обычно используют хлорид аммония в количестве 10% к массе олигомера.

Эффективными пропиточными составами для древесины являются растворы ПММА в метилметакрилате или стироле с диметиланилином в качестве ускорителя полимеризации и бензоилпероксидом в качестве инициатора. Легкоподвижная жидкость через 5-10 ч (в зависимости от содержания отверждающих агентов) превращается в прочную стекловидную массу, надежно укрепляющую древесину.

Обладающие хорошей проникающей способностью мономеры - стирол, метилметакрилат - могут быть отверждены в массиве древесины не только под действием катализаторов, но и в результате нагревания, облучения. Высокая летучесть и токсичность этих мономеров ограничивают их применение в реставрационной практике.

Частично разрушенную древесину можно пропитывать растворами акриловых полимеров (ПБМА, БМК-5, 40БМ, 80БМ и др.) в ксилоле, толуоле, их смесях с этанолом, в ацетоне или низших эфирах. Эти материалы дают хороший укрепляющий эффект, причем физико-механические показатели модифицированной древесины повышаются при увеличении количества вводимого в нее полимера, но имеют незначительную глубину проникновения.

«Мокрая» археологическая древесина при высыхании изменяет размеры и форму. Поэтому извлеченные из раскопа деревянные предметы либо изолируют от окружающей атмосферы (вкладывают в герметичные полиэтиленовые пакеты, заворачивают в парафинированную бумагу и т. п.) либо перевозят в музей или реставрационную мастерскую в сосуде с водой или глицерином, в который добавлен антисептик.

Для консервации мокрую археологическую древесину пропитывают веществами, замещающими воду в межклеточных пространствах. Древесина трудно поддается пропитке, несмотря на развитую капиллярно-пористую систему. Эффективность пропитки зависит от

свойств пропиточного раствора (вязкости, полярности, поверхностного натяжения) и его способности сохранять гомогенность при изменении содержания воды. Если консервант растворим в органическом растворителе, не смешивающемся с водой, проводят постепенное замещение воды на переходные растворители (ацетон, этиловый спирт), которые далее замещают необходимым для введения консерванта растворителем.

Хорошими консервантами мокрой археологической древесины являются водорастворимые фенолоспирты, а также глицерин с последующей обработкой алюмокалиевыми квасцами, однако глицерин изменяет цвет древесины. Фенолоформальдегидные олигомеры укрепляют и антисептируют разрушенную древесину, стабилизируют ее размеры, но со временем в них происходят структурные изменения, приводящие иногда к нарушению целостности предмета.

Наилучшие результаты при консервации мокрой археологической древесины дают полиэтиленгликоли. Для временной консервации мокрой археологической древесины (для сохранения ее при перевозке от места извлечения до реставрационной мастерской) можно наносить на поверхность вещества, создающие защитные пленки, – креозот и льняное масло, льняное масло и этиловый спирт, глицерин, формальдегид, шеллак, карболинеум, петролатум, канифоль, фенол, ПВС. К таким веществам обычно добавляют антисептические средства.

Удаление воды из древесины с помощью замещающих жидкостей проводят 3–4-кратным вымачиванием последовательно в смесях растворителей: вода - этиловый спирт – диэтиловый эфир; вода – ацетон – диэтиловый эфир; вода - диоксан - диэтиловый эфир. При удалении последней смеси растворителей остается сильно пористая сухая древесина без объемных изменений, которая может быть насыщена для укрепления различными полимерами с добавками антисептиков.

Довольно часто для пропитки древесины используют природные смолы – шеллак, даммару, мастике, канифоль, камфару, иногда в сочетании с восками и льняным маслом. Эти смолы растворяют в метиловом спирте, диэтиловом эфире, ксилоле, трет-бутиловом спирте, толуоле, бензоле, этил и метилцеллозольве.

Успешно применяются синтетические мономеры и олигомеры, коэффициент диффузии которых в древесину сопоставим с коэффициентом диффузии воды. Полимеризацию мономеров (метил- и бутил метакрилаты, 2-гидроксиэтилметакрилат) осуществляют путем нагревания предмета, пропитанного мономером с добавкой инициатора полимеризации – бензоилпероксида или лаурилпероксида (1-2% при низких температурах, 0,5% при высоких температурах полимеризации).

Хорошие результаты дает пропитка древесины смесью диметилсилоксановых и акрилатных олигомеров с бензоилпероксидом в качестве инициатора. Полимеризацию проводят нагреванием пропитанной древесины до 55°С.

После удаления из мокрой древесины воды путем ее последовательного замещения растворителями для консервации могут быть использованы следующие термопластичные и термореактивные полимеры: ПВБ, ПММА, ПБМА, ПВА, ПВХ, эпоксидные, феноло-, мочевину- и меламино - формальдегидные олигомеры, полиэфирные смолы.

Из фенолоформальдегидных смол применяют как водорастворимые низкомолекулярные олигомеры – фенол спирты, так и более высокомолекулярные растворимые в органических растворителях соединения. В пропиточные растворы на основе феноло-, мочевино- или меламиноформальдегидных смол вводят отвердитель – 2%-й раствор хлорида аммония. Для пропитки предметы либо погружают в ванну с раствором на 6–12 ч, либо наносят раствор кистью.

При всех способах пропитки для придания древесине достаточной механической прочности в нее необходимо ввести 30–50 г смолы на 1 кг массы сухой древесины. Сушку после пропитки следует проводить медленно, с этой целью пропитанный предмет покрывают полиэтиленовой пленкой.

Если в качестве растворителя для мочевиноформальдегидных смол используют смесь, состоящую из 20% воды, 55% этилового спирта и 25% глицерина или этиленгликоля, процесс пропитки происходит замедленно (сутки, недели), но при этом обеспечивается более глубокое проникновение смолы в клеточные стенки древесины. К недостаткам этих консервантов относятся усадочные явления, недолговечность и способность окрашивать древесину в желтовато-коричневый цвет.

Для консервации мокрой археологической древесины широко используют полиэтиленгликоль (ПЭГ). Пропитку проводят либо непрерывным или периодическим орошением (для крупногабаритных предметов), либо выдержкой в ваннах. Выпускаемые промышленностью марки ПЭГ различаются молекулярной массой, которая определяет, как свойства полимера, так и характер процесса диффузной пропитки древесины (табл.).

Для пропитки археологической древесины, в том числе и мокрой, можно использовать также водорастворимые сложные эфиры целлюлозы, гидроксиэтилцеллюлозу, гидроксипропилметилцеллюлозу, Na-КМЦ.

Интересным, хотя и достаточно сложным, является способ укрепления и стабилизации мокрой древесины обработкой вначале соединениями хрома, а затем льняным маслом. Пропитку проводят либо в ваннах, либо, чтобы ускорить процесс и достичь большей глубины проникновения консерванта, в автоклавах по циклу вакуум – давление. После медленной сушки пропитанную древесину погружают в ванну с льняным маслом, которое заполняет поры древесины, окисляется (оксидом хрома) и, полимеризуясь, затвердевает, стабилизируя размеры древесины. Древесина становится водостойкой и не подвергается действию биоразрушителей, правда, при этом несколько снижается ее эластичность и повышается хрупкость.

Таким образом, поверхностная защитная обработка археологической древесины биоцидными защитными составами приносит положительные результаты при условии соблюдения температурно-влажностных параметров в пределах нормативных в различные периоды года. Сплошная пропитка модифицирующими составами наиболее эффективней защищает археологическую древесину.

Список литературы

Гордюшина В.И., Малачевская Е.Л., Федосеева Т.С. Материалы и технологии для консервации археологических деревянных объектов. М.: ГОС НИИР, 2009. С. 119.

Дуглас Р.А. Практическое пособие по консервации археологических находок. СПб., 2012. С.236.

Кундо Л.П., Ревацкая Г.К., Мороз М.В. Консервация и реставрация крупногабаритных деревянных изделий "замерзших" курганов назырыкской культуры Горного Алтая (IV-III вв. до н.э). Киев. 2005.

Мороз М.В. Реставрационные методы в археологии. Естественнонаучные методы в археологии. Рабочая программа Сибирского федерального университета. Красноярск. 2007.

Никитин М.К., Мельникова Е.П. Химические материалы в реставрации дерева // Химия в реставрации. Л.: Химия. 1990. С. 109-130.

ОБЪЕКТЫ ПОДВОДНОГО КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ В ТУРИЗМЕ НА ОСТРОВЕ КИПР

UNDERWATER CULTURAL HERITAGE SITES AND UNDERWATER ATTRACTIONS TOURISM IN CYPRUS

Атеш Мария Аттиловна
Российский Государственный Гуманитарный Университет

Atesh Maria Attilovna
Russian State University for Humanities

Abstract: Cultural heritage tourism is an important attribute of touristic activity, today. The cultural heritage tourism adds to the economy and also has a positive social impact; with the help of cultural heritage tourism it is easier to establish and reinforce identity, it helps the sustainability and preservation of the cultural heritage, with culture as an instrument it facilitates harmony and understanding among people, it supports culture and helps renew tourism. Cyprus, an island inhibited by many various civilizations and empires has a huge amount of cultural heritage objects on land and underwater, and the maritime and underwater cultural heritage objects and attractions are being promoted in order to reinforce touristic activities. The old coastal cities, coastal castles, sunken cities, sunken shipwrecks, maritime museums have been and still are the cultural heritage attractions utilized to promote the cultural heritage tourism. Recently, underwater museums and underwater parks started to be added to the conventional, earlier established museums such as Kyrenia Shipwreck Museum and Thalassa Museum, which serve as attractions for scuba divers and snorkelers. Also, there are shipwrecks – naturally or artificially sunken - being promoted as underwater attractions mainly for scuba diver tourists. This study aims to show the underwater cultural heritage objects and attractions used in touristic activities and their impact on Cyprus tourism.

Cyprus is the third largest island in the Mediterranean after Italian islands Sicily and Sardinia. It is located in the eastern Mediterranean basin. It has 9.251 km² area and 648 km coastline. It is a volcanic island and according to the archaeological evidence, first human visits to Cyprus island date back to ca. 12,000 cal. BP or Late Epipaleolithic (Simmons, 2013: 140). Because of its geographic position in the eastern Mediterranean, Cyprus has always been of great strategic importance throughout the history. During the Bronze age, Cyprus was very popular as it was very rich in copper deposits. The island was occupied and inhabited by various civilizations and it also had trade connections to many others. The island was occupied by the Assyrians, Egyptians, Phoenitians, Persians, Rashidun and Umayyad Arab Caliphates, Lusignans, Venetians, Crusaders, English, and Ottomans.

As being a major station for trade during the Bronze age and the crossroads of civilizations, Cyprus Island has a rich maritime and underwater cultural heritage. Since 19th century numerous archaeological investigations and since 1960's underwater archaeological studies revealed various underwater cultural heritage objects around Cyprus. There are many underwater studies revealing a vast number of anchorage and shipwreck sites as well as sunken harbours and cities belonging to different eras, some more prominent then others.

Kyrenia shipwreck is a 4th-century BC ancient Greek merchant ship. Studied and taken out of the sea under the organization of Suzan and Michael Katzev in 1968-69, and was reassembled in

Kyrenia Castle museum where it rests since then and greets museum audience. The shipwreck is dated back to to circa 325-315 BC. Mazotos shipwreck is a commercial ship dated to the late classical period, to 4th century BC. It is being studied since 2007 up to present under the organization of Dr. Stella Demestica and Prof. Demetrios Michaelides, after it was found by divers in 2006 in 45 meters. Nissia Shipwreck, resting at the depth of 28 metres at Paralimni region, surveyed and excavated in September 2014 under the supervision of The MARELab of the University of Cyprus, in collaboration with the Department of Antiquities of Cyprus. The shipwreck was known by divers since 1980. It is revealed to be a Late Ottoman Ship and is dated back to Late Ottoman period. Conservation works were performed by Department of Antiquities of Cyprus Republic's Conservation Laboratory, also in situ.

There are also sunken structures such as ancient cities and ancient ports under the waters surrounding Cyprus Island. Salamis city is an ancient Greek city-state on the east coast of Cyprus, partly sunken today, after the earthquake in 76 AD. The archaeological remains of Salamis city go back to 11th century BC. The archaeological excavations started in late 19th century. The underwater ruins of Salamis were never studied thoroughly. There were two underwater surveys relating to the problem of where Evagoras's new city walls and military harbour were sited (Davies, 2012:364). In 2010 Malcom Davies carried out an observation study at the coast of Salamis site and his report strengthened the possibility of the second military harbour. Another sunken structure is Ancient Paphos Harbour. It is a Hellenistic closed harbour. An intensive geoarchaeological investigation at Paphos (Nea Paphos) started at 1996 by Robert Hohlfelder and John Leonard and Richard Dunn as part of the Paphos Ancient Harbour Exploration Project. Today the ancient harbour is mostly destroyed by the constructed modern harbour (Theodoulou). Third sunken structure is Amathus harbour, which is dated back latest to the end of 3rd century BC. The French School at Athens, which has long been involved in investigations at Amathus, undertook excavations at the well-preserved remains of the city's inner harbour. The investigations were led by Jean-Yves Empereur, and lasted from 1984 till 1986. The team mapped by harbour's ashlar block construction, which is still today visible in the shallow waters just east of Limassol. Through a collection of potsherds characteristic of the Hellenistic period and certain coins discovered.

As the crossroads of civilizations, Cyprus is very eligible for culture tourism, also the small area of the island makes it a compact destination for a very rich cultural tourism experience.

Cultural Heritage Tourism (or just Heritage Tourism) is a branch of tourism oriented towards the cultural heritage of the location where tourism is occurring. The concept of **cultural tourism** is very complex and there is a long debate among scholars about its definition and conceptualisation due to which there are numerous definitions for this term.

According to the definition adopted by the UNWTO General Assembly, at its 22nd session (2017), **Cultural Tourism** implies "A type of tourism activity in which the visitor's essential motivation is to learn, discover, experience and consume the tangible and intangible cultural attractions/products in a tourism destination. These attractions/products relate to a set of distinctive material, intellectual, spiritual and emotional features of a society that encompasses arts and architecture, historical and cultural heritage, culinary heritage, literature, music, creative industries and the living cultures with their lifestyles, value systems, beliefs and traditions".

According to the International Scientific Committee on Cultural Tourism, **cultural tourism** can be defined as that activity which enables people to experience the different ways of life of other people, thereby gaining at first hand an understanding of their customs, traditions, the physical environment, the intellectual ideas and those places of architectural, historic, archaeological or other cultural significance which remain from earlier times. Cultural tourism differs from recreational

tourism in that it seeks to gain an understanding or appreciation of the nature of the place being visited.

Cultural tourism is defined by McIntosh and Goeldner as comprising "all aspects of travel, whereby travellers learn about the history and heritage of others or about their contemporary ways of life or thought (Richards, 2005; 23).

According to the National Trust's definition of **cultural heritage tourism** is "traveling to experience the places and activities that authentically represent the stories and people of the past and present. It includes historic, cultural and natural resources (Kajzar, 2014; 902)."

According to Sports Tourism Report for the Year 2013 (Football, Cycling, Water Sports, Track and Field, and Diving) for Cyprus, the largest share of sports visitors to Cyprus were on account of Football (34% of visitors), while the second largest share of visits were for Diving (21% of visitors), followed by Cycling (17% of visitors) and finally for Swimming (15% of visitors). The average nights diving visitors accommodated for the year 2013 was 10,7.

Sea surrounding Cyprus forms an important part of Cypriot underwater cultural heritage and for a more holistic view of cultural heritage of the island, the underwater cultural heritage needs to be studies thoroughly and delivered to the audience for a more holistic exposition. Today, in Cyprus there are numerous wrecks, museums and underwater historical sites serving as touristic attractions. These are more than 20 shipwreck sites around Cyprus that sunk either naturally due to an accident, or deliberately to serve as an underwater attraction for divers. These wrecks served as commercial ships, warships, fishing boats, leisure passanger ships, coastguard ships with origins from Russia, Sweden, Britain, Germany and today they serve as attractions for scuba divers, resting under the sea waters ranging between 7 – 42 meters.

At present, the most prominent shipwreck is Zenobia shipwreck, lying between 17-42 meters, eligible for the beginner level diver as well as the advanced level divers. "The Times" in March 2003 placed Zenobia shipwreck among the top 10 wrecks in the world (Kedzierski, 2019). The shipwreck Zenobia attracts every year several thousands of divers from the entire world and probably brings about €14 million a year (Dawn, 2015) in revenue to Cyprus, thanks to the easy access and its suitability for divers with different levels of experience (Siciliano et al., 2016; 5).

Other underwater cultural heritage objects are: Nissia Shipwreck, resting at a depth of 27 meters, beneath the water off the coast of Paralimni, east of Cyprus. The shipwreck dates to late Ottoman period. It is open to recreational scuba divers. Amphora Beach dive site, a natural underwater park, with various ancient amphorae, stone anchors, and jugs is open to the visit of scuba divers at the eastern coat of Cyprus, at Trikomo area. The site is not very much known by divers and has not been surveyed and studied. Ayia Napa Underwater Sculpture Park, a manmade reef with the theme of Greek Mythology, opened to divers and snorkelers in 2015. 10 meters deep suitable for all level scuba divers and snorkelers. Underwater Statues Green Bay, an artificially made underwater park with statues. Maximum 12 meters deep, suitable for all level scuba divers and snorkelers. Musan - The Mueum of Underwater Sculpture Ayia Napa, launched in 2021, is an artificially made sculpture park located 200 meters off the coast of Agia Napa. MUSAN depicts a forest with children playing and other characters. The museum was created by British sculptor Jason deCaires Taylor, who is well-known for his under-the-sea exhibits. The museum is suitable for all level certified scuba divers and snorkelers and is located at 10 meters deep Just off Pernera Beach in Ayia Napa (Medina, 2021).

Most of the underwater attractions consist of modern structures apart from the Nissia shipwreck and Amphora Beach Park. The possibilities of turning the ancient Amathus harbour into an underwater park or preserve are discussed, based on underwater heritage management developments

(Ktori, 2016; 1) and good news is announced online, that the ancient port will soon be 'Cyprus' newest tourist attraction where adventurous travellers can snorkel over its submerged stone remains'.

Regarding the various civilizations inhabiting Cyprus, active trade connections with the mainland, numerous wars and migration movements, waters surrounding Cyprus can be expected to be abundant of cultural heritage objects. After discovering and studying these cultural heritage objects, as well as the existing underwater cultural heritage objects, bringing them under the spotlight for the visitor like the examples in Underwater Pompeii (Baia Underwater Park, Naples Bay – Italy and San Pedro Underwater Archaeological Preserve State Park, Florida – US, would greatly benefit cultural tourism and therefore the tourism in the overall in Cyprus.

REFERENCES

DAVIES, M.E., The International Journal of Nautical Archaeology (2012) 41.2: 362–371 doi: 10.1111/j.1095-9270.2012.00345.x

DAWN (2015). 'Titanic of the Mediterranean' wreck lures thousands of divers to Cyprus. Dawn. https://www.dawn.com/news/1196125

KAJZAR, P., (2014), XVII. mezinárodní kolokvium o regionálních vědách, Cultural Tourism and World Heritage, pp. 901-906, DOI: 10.5817/CZ.MUNI.P210-6840-2014-117

KĘDZIERSKI, S, (2019). Wreck Zenobia, Cyprus, Larnaca weekend trip. Kedzierski https://www.cn-tryton.pl/en/kalendarz/wyjazdy-zagraniczne/wrak-zenobia-cypr-larnaca-wyjazd-weekendowy.html

KTORI, M., (2016). The submerged harbour of Amathus: current perceptions and future prospects.

MEDINA, S., (2021). Check out this haunting new underwater sculpture park in Cyprus. https://www. timeout.com/news/check-out-this-haunting-new-underwater-sculpture-park-in-cyprus-081321;

RABAN, A., 1995, The heritage of ancient harbour engineering in Cyprus and the Levant, in V. Karageorghis and D. Michaelides (eds), Cyprus and the Sea, 163–4. Nicosia.

RICHARDS, G., (2005). Cultural Tourism in Europe http://www.atlas-euro.org/pages/pdf/cultural%20tourism%20in%20europe.PDF

SICILIANO, A. & JIMENEZ, C. & PETROU, A. (2016). Recreational diving and its effects on the macroalgal communities of the unintentional artificial reef Zenobia shipwreck (Cyprus). Journal of Oceanography and Marine Research. 4.

SIMMONS, A. H. "Akrotiri-Aetokremnos (Cyprus) 20 years later: an assessment of its significance." Eurasian Prehistory 10.1–2 (2013): 139-156.

THEODOULOU, Th., The harbour of the kingdom of Paphos, The NAVIS II project https://www2.rgzm.de/Navis2/Home/HarbourFullTextOutput.cfm?HarbourNR= Paphos

https://eu.usatoday.com/story/travel/destinations/2021/07/19/ancient-harbor-diving-cyprus-tourists-travel-amathus/8011466002/

https://musan.com.cy/en/home

https://www.unwto.org/tourism-and-culture

Научно-популярные фильмы

Popular science films

УДК 550.8.05

СЕКЦИЯ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫХ ФИЛЬМОВ НА КОНФЕРЕНЦИИ MARESEDU

POPULAR SCIENCE FILMS SECTION AT THE MARESEDU CONFERENCE

Новигатский Александр Николаевич
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук

Novigatsky Alexander Nikolaevich
Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences

В современных условиях развития научно-технической и инновационной деятельности в России популяризация науки играет ключевую роль в доведении полученных научных результатов до массовой аудитории. Популяризация науки является важнейшим инструментом, способствующим решению задач по реализации государственной политики в области научно-технологического развития Российской Федерации (п. 33 Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации) и деятельности Российской академии наук (статья 7 ФЗ № 253) [Жарова, Агамирова, 2018].

Одним из основных средств популяризации науки является телевидение. Научно-популярные фильмы позволяют зрителю ориентироваться в основных направлениях развития науки и техники, пополнять знания о развитии человеческого прогресса, а также популяризировать научные достижения и помочь зрителям психологически адаптироваться к постоянным изменениям, происходящим в мире [Сухенко, 2016; Шашкова, 2019; Юдина, 2020].

Формирование и бурное развитие научно-популярного телевидения в России приходились на советские годы. Среди лучших советских научно-популярных передач можно выделить «Очевидное-невероятное», «Под знаком Пи», «Клуб путешественников», «В мире животных» и др. В 1990-е гг. вследствие приостановки государственного финансирования образовательных программ и коммерциализации эфира время научно-популярного вещания на основных телеканалах практически сократилось. Данная ситуация привела к упадку научно-популярного телевидения, вследствие которого был утерян ценный советский опыт создания качественных научно-популярных программ и фильмов [Жарова, Агамирова, 2018].

В настоящее время в России в связи с активным развитием науки и технологий, а также переходом на новый уклад экономического развития сформированы предпосылки для выхода научно-популярного телевидения из кризиса. Одним из препятствий популяризации науки в России является низкая активность создания научно-популярных фильмов о российских научных достижениях, в том числе, и в связи с нехваткой финансирования. Секция научно-популярных фильмов конференции MARESEDU задумана и реализована программным и организационным комитетом для преодоления этой помехи, и способствует популяризации научно-технической деятельности в России, просвещению массовой аудитории и возрождению престижа науки.

Научно-популярный документальный фильм – это фильм, основная интенция которого состоит в том, чтобы в занимательной и общедоступной форме донести до широкого круга зрителей научную информацию об окружающем нас мире, и представляет собой

документально зафиксированные видеоэпизоды, отснятые в реальном времени, в определенной точке земного шара [Филатова, 2020]. Таким образом, секция научно-популярных фильмов на конференции MARESEDU – это серия коротких рассказов о мире, где внимание сосредоточено на научной стороне мышления. Цель – пробуждение интереса к познанию и популяризация роли науки в современном российском обществе.

Основная задача, которая стоит перед режиссером научно-популярного фильма, – рассказать о научных фактах и явлениях в природе в увлекательной форме. Чтобы привлечь и удержать внимание зрителя, каждый документальный фильм снимается по заранее написанному сценарию, имеет четкую структуру и состоит из следующих компонентов: экспозиция, завязка, развитие действия, кульминация, развязка. Кроме того, чтобы поддержать интерес к происходящему на экране, режиссер использует прием частой смены видеоряда и ракурса съемки. Кинооператор снимает природные явления, представителей животного мира, разнообразные пейзажи и виды. Очень часто съемка идет с высоты птичьего полета. Языковая оболочка фильма дополняется экспрессивными элементами, которые используются в каждом документальном фильме о природе для эмоционального воздействия на слушателя. Основными экспрессивными элементами является интонация ведущего, его мимика и жесты. Эти элементы передают достаточно широкий спектр эмоций человека и делают фильм привлекательным для зрителей. [Филатова, 2020].

В создании фильмов для конференции MARESEDU принимают участие как опытные авторы ютуб каналов: «Океан по капле», «Кусты Кусто», «Каждой твари по паре», «Парус и море», активные экспедиционные исследователи, так и студенты ВУЗов. Подобный формат общения в рамках конференции наук о Земле – новаторский опыт, призванный помочь улучшить коммуникацию между учеными различных направлений науки, а также сделать академическую и экспедиционную науку более понятной и привлекательной для студентов и широкого круга людей.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН на 2022 гг. по теме № FMWE-2021-0006.

Список литературы

Жарова Е. Н., Агамирова Е. В. Зарубежный опыт популяризации научно-технической деятельности на телевидении: уроки для России // Наука. Инновации. Образование. – 2018. – № 3 (29). – С. 45–60.

Сухенко Н. В. Специфика популяризации науки в России // Вестник НГТУ им. Р. Е. Алексеева. Серия Управление в социальных системах. – 2016. – № 4. – С. 18–22.

Филатова Е. А. Особенности аудиовизуального текста научно-популярного документального фильма о природе // Вестник РГГУ. Серия: Литературоведение. Языкознание. Культурология. – 2020. – № 9–2. – С. 240–250.

Шашкова А. А. Специфика современного производства документального научно-популярного фильма // В сб.: Актуальные проблемы экранных и интерактивных медиа. – 2019. – С. 237–247.

Юдина А. В. Специфика приемов популяризации науки в научно-популярных телевизионных фильмах // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. Сборник статей XL Международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 329–332.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Содержание тома I (III)/
Table of contents for Volume I (III).....445

Содержание тома II (III)/
Table of contents for Volume II (III).....449

Содержание тома III (III)/
Table of contents for Volume III (III).....453

Том I (III) / Volume I (III)

Оглавление / Contents

Программа конференции / Conference Programme

Тезисы / Abstracts

Океанология. Устные доклады

СЕКЦИЯ ОКЕАНОЛОГИЯ НА КОНФЕРЕНЦИИ «МОРСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБРАЗОВАНИЕ: MARESEDU»
Демидов А.Н., Крашенинникова С.Б. 13

О ФОРМИРОВАНИИ АПВЕЛЛИНГА, ДАУНВЕЛЛИНГА И ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ФРОНТА МИРОВОГО ОКЕАНА ДОЛГОПЕРИОДНЫМИ ВОЛНАМИ
Мысленков С.А., Бондаренко А.Л. 15

НИЗКОЧАСТОТНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ПИКА СПЕКТРА ВОЛН В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ МОРЯ
Сапрыкина Я.В., Штремель М.Н., Кузнецов С.Ю. 18

СВЯЗЬ ИЗМЕНЧИВОСТИ ВОЛНОВОГО КЛИМАТА НА ЮГО-ЗАПАДНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ ИНДИИ С ВОЗНИКНОВЕНИЕМ МУТЬЕВЫХ БАНОК
Сапрыкина Я.В., Кузнецов С.Ю. 22

БИОГЕОХИМИЯ КАРБОНАТНОЙ СИСТЕМЫ “ЗАЛИВА - ЭСТУАРИЯ” – УЛЬБАНСКИЙ ЗАЛИВ ОХОТСКОГО МОРЯ В ПЕРИОД ЛЕТНЕГО ПАВОДКА
Семкин П.Ю., Тищенко П.Я., Павлова Г.Ю, Тищенко П.П. , Сагалаев С.Г., Михайлик Т.А., Шкирникова Е.М., Швецова М.Г. 26

АНАЛИЗ И ИНТЕРПОЛЯЦИЯ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ С НЕРЕГУЛЯРНОЙ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ
Захарова Н.Б. 31

ПРИМЕНЕНИЕ РОССИЙСКОЙ МОДЕЛИ INMOM-АРКТИКА ДЛЯ ОПЕРАТИВНЫХ РАСЧЕТОВ ЦИРКУЛЯЦИИ И МОРСКОГО ЛЬДА СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА
Фомин В.В., Дианский Н.А., Панасенкова И.И., Гусев А.В. 35

СГОННО-НАГОННЫЕ КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ В БЕЛОМ МОРЕ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ В 2015-2020 ГГ.
Кондрин А.Т., Кораблина А.Д.. 39

МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДНЫХ МАСС В СУБТРОПИЧЕСКОЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ
Крашенинникова С.Б., Демидов А.Н., Иванов А.А., Бабич М.С. 45

О ПРИЧИНАХ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
Серых И.В., Костяной А.Г. 50

СТРУКТУРА И ПЕРЕНОС ГЛУБИННЫХ И ДОННЫХ ВОД В ЭКВАТОРИАЛЬНОЙ ЧАСТИ АТЛАНТИКИ
Демидов А.Н., Волкова В.В., Гиппиус Ф.Н., Иванов А.А. 54

ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ В ПЕРИОД 66-Й СЕЗОННОЙ РАЭ
Кашин С.В,, Молчанов М.С., Чистяков И.А.. 59

СЕЗОННАЯ И МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЮЖНОГО ОКЕАНА С 2008 ПО 2021 ГГ.
Артамонова К.В., Гангнус И.А., Духова Л.А., Лавинен Н.А. 64

РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИРКУЛЯЦИИ ЧЕРНОГО МОРЯ НА ОСНОВЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ СЪЕМОК 2016 Г.
Демышев С.Г., Евстигнеева Н.А., Дымова О.А. 67

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МОДЕЛИ ЭМИССИИ МЕТАНА С АКВАТОРИИ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ К ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ГАЗООБМЕНА
Малахова В.В., Крайнева М.В. 71

РОЛЬ КОРОТКОПЕРИОДНЫХ ВАРИАЦИЙ АТМОСФЕРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В КРУПНОМАСШТАБНОЙ ДИНАМИКЕ ОКЕАНА
Реснянский Ю.Д., Зеленько А.А., Степанов В.Н., Струков Б.С. 76

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДИНАМИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ВЕРТИКАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ВОДНЫХ СЛОЁВ В СТРАТИФИЦИРОВАННОЙ МОРСКОЙ СРЕДЕ
Краснодубец Л.А. 80

ОСОБЕННОСТИ КАРБОНАТНОЙ СИСТЕМЫ ВОД МОРЯ ЛАПТЕВЫХ НАД КОНТИНЕНТАЛЬНЫМ СКЛОНОМ
Полухин А.А., Беликов И.Б., Борисенко Г.В., Гусак Г.В., Муравья В.О., Флинт М.В. 85

ВНУТРЕННИЕ ВОЛНЫ НА КРУТОМ ШЕЛЬФЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ФЛУКТУАЦИИ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО КАНАЛА
Химченко Е.Е., Шатравин А.В. 89

РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНЕГО МОНИТОРИНГА ЛОФОТЕНСКОГО МЕЗОМАСШТАБНОГО ВИХРЯ ПО ДАННЫМ ПОПУТНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ
Сентябов Е.В. 94

СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЙ В РЫБОПРОМЫСЛОВЫХ АКВАТОРИЯХ ЦЕНТРАЛЬНО-ВОСТОЧНОЙ АТЛАНТИКИ
Барканова Т.Б., Ванюшин Г.П., Кружалов М.Ю. 98

ТЕЧЕНИЯ КОНТАКТНЫХ ЗОН АЗОВСКОГО МОРЯ В ОСЕННЕ-ЗИМНИЙ ПЕРИОД 2020 Г.
Григоренко К. С., Олейников Е. П., Фролова А. Д. 102

Океанология. Стендовые доклады

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ
Пастухов И.А., Намятов А.А. 107

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ ТОЛЩИНЫ МОРСКОГО ЛЬДА МОРЯ ЛАПТЕВЫХ В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД
Кускова Е.Г, Иванов В.В. 111

БАЛАНС ВИХРЕВОЙ ЭНЕРГИИ В РАЙОНЕ ИНТЕНСИВНЫХ АНТИЦИКЛОНИЧЕСКИХ ВИХРЕЙ ЧЕРНОГО МОРЯ
Пузина О.С., Мизюк А.И. 116

СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВОЛНОВЫХ СПЕКТРОВ ПО ДАННЫМ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИЗМЕРЕНИЙ В РАЙОНЕ ГЕЛЕНДЖИКА И УТРИША
Рыбалко А.Д., Мысленков С.А. 121

АДАПТАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ ДВУНАПРАВЛЕННОГО НЕСТИНГА В РАЙОНЕ ПРОЛИВА БОСФОР
Сендеров М.В., Мизюк А.И. 125

ПРИРОДА ТЕЧЕНИЙ МОРЕЙ И КРУПНЫХ ОЗЕР
Щевьев В.А. 127

ПРОГНОЗ ВЕТРОВОГО ВОЛНЕНИЯ И СОПОСТАВЛЕНИЕ С ДАННЫМИ НАБЛЮДЕНИЙ В КАРСКОМ МОРЕ В 58-ОЙ ЭКСПЕДИЦИИ НИС «АКАДЕМИК ИОФФЕ»
Круглова Е.Е., Мысленков С.А., Сильвестрова К.П., Гавриков А.В., Осадчиев А.А., Степанова Н.Б. 131

КАРБОНАТНАЯ СИСТЕМА И РАСТВОРЕННЫЙ КИСЛОРОД ЗАЛИВА ВОСТОК (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)
Анохина Р.С., Полякова А.В., Сагалаев С.Г., Тищенко П.П., Тищенко П.Я. 136

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПОЛЕЙ СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЙ И ТЕМПЕРАТУРЫ СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ ПРИ ИЗМЕНЕНИЯХ ЛЕДОВИТОСТИ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ
Бабич М.С., Крашенинникова С.Б., Шокурова И.Г. 141

МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ НОРВЕЖСКОГО МОРЯ В РАЙОНЕ ЛОФОТЕНСКИХ ОСТРОВОВ В ПЕРИОД 1998-2020 ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА
Булатова Т.В., Ванюшин Г.П, Трошков А.А. 144

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПЛЮМА РЕКИ ПЯСИНА В КАРСКОЕ МОРЕ
Григорьева М.Ю., Осадчиев А.А., Кречик В.А., Фрей Д,И., Степанова Н.Б.. 148

ПОВТОРЯЕМОСТЬ АПВЕЛЛИНГОВ В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКЕ В 2000-2019 ГГ.
Капустина М.В., Зимин А.В. 152

РАДИАЦИОННЫЕ ПРИЛИВЫ В АЗОВСКОМ МОРЕ
Корженовская А.И., Медведев И.П., Архипкин В.С. 157

СЕЗОННАЯ И МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПАРАМЕТРОВ ВЕТРОВОГО ВОЛНЕНИЯ В КАСПИЙСКОМ МОРЕ
Круглова Е.Е., Мысленков С.А. 161

ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОСТАВА РАССЕЯННОГО ОСАДОЧНОГО ВЕЩЕСТВА В ВОДНОЙ ТОЛЩЕ ЛОФОТЕНСКОЙ КОТЛОВИНЫ НОРВЕЖСКОГО МОРЯ.
Мигдисова И.А., Стародымова Д.П., Новигатский А.Н., Клювиткин А.А., Булохов А.В. 163

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ БАРЕНЦЕВА И КАРСКОГО МОРЕЙ ПО ДАННЫМ ДРИФТЕРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ 1992-2021 ГГ.
Никитин О.П., Касьянов С.Ю. 167

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВЕТРОВОГО ВОЛНЕНИЯ И МОРСКОГО ЛЬДА В АРКТИКЕ В СОВРЕМЕННОМ КЛИМАТЕ
Маркина М.Ю., Шармар В.Д. 172

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОМПОНЕНТОВ КАРБОНАТНОЙ СИСТЕМЫ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
Паничева Е.Д., Хаймина О.В., Коузова Н.И. 176

ПЛОТНОСТНАЯ СТРАТИФИКАЦИЯ В БЕЛОМ МОРЕ
Погорелова П.В., Подрезова Н.А. 181

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПЛЮМА РЕКИ ПЕЧОРА В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ В 2018 ГОДУ
Рогожин В.С., Осадчиев А.А. 184

ХАРАКТЕР КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ ЯПОНСКОГО МОРЯ НА ПОБЕРЕЖЬЕ ЮЖНОЙ КОРЕИ ПОСЛЕ ПРОХОЖДЕНИЯ ТАЙФУНОВ МАЙСАК И ХАЙШЕН В СЕНТЯБРЕ 2020 ГОДА
Смирнова Д.А., Медведев И.П. 189

СРАВНЕНИЕ РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТИ ПОДХОДОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ТПО В ОСНОВНОМ РАЙОНЕ ЗИМНЕГО ОБИТАНИЯ ГОРБУШИ В СЗТО В ЯНВАРЕ-МАРТЕ 1998-2021 ГГ. ПО ДАННЫМ ИСЗ
Царева В.А., Ванюшин Г.П., Кружалов М.Ю., Сапунова Е.В. 193

ОЦЕНКА ПОВТОРЯЕМОСТИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СГОНОВ И НАГОНОВ НА БЕРЕГОВЫХ СТАНЦИЯХ КАРСКОГО МОРЯ
Смирнова Д.А., Медведев И.П., Степанова Н.Б. 197

ТРАНСФОРМАЦИЯ ФРАМОВСКОЙ ВОДНОЙ МАССЫ В ЖЁЛОБЕ СВЯТОЙ АННЫ В АВГУСТЕ 2021 ГОДА
Джамалова А.Г., Нурлибаева А.С., Витинг К.Б., Осадчиев А.А., Фрей Д.И., Степанова Н.Б. 201

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АТЛАНТИЧЕСКИХ ВОДНЫХ МАСС В ЖЕЛОБЕ СВЯТОЙ АННЫ В АВГУСТЕ 2021 ГОДА
Нурлибаева А.С., Осадчиев А.А., Степанова Н.Б. 206

ЦИРКУЛЯЦИЯ И ТЕПЛООБМЕН В ЖЕЛОБЕ СВЯТОЙ АННЫ
Витинг К.Б, Джамалова А.Г., Нурлибаева А.С, Осадчиев А.А., Фрей Д.И, Степанова Н.Б. 211

ПРИЛИВЫ В КАРСКОМ МОРЕ НА ОСНОВЕ ГЛОБАЛЬНЫХ И РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРИЛИВНЫХ МОДЕЛЕЙ
Корженовская А.И., Медведев И.П., Степанова Н.Б. 215

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНИЯ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО СОЗДАНИЯ МАСКИ ЛЬДА НА СПУТНИКОВЫХ СНИМКАХ SENTINEL-1
Захаржевский М.В, Козлов И.Е., Криницкий М.А, Осадчиев А.А, 2, Степанова Н.Б. 219

МОРСКОЕ ВОЛНЕНИЕ: ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ НАБЛЮДАТЕЛЯ
Шишкова П.О., Гавриков А.В., Криницкий М.А., Степанова Н.Б., Осадчиев А.А. 223

ИНТЕНСИВНОСТЬ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ РЕЧНЫХ И МОРСКИХ ВОД В ОБСКОЙ ГУБЕ И ЕНИСЕЙСКОМ ЗАЛИВЕ
Протопопова М.Д., Демешко Д.М., Осадчиев А.А., Степанова Н.Б. 228

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА В ФЕВРАЛЕ 2021 Г.
Кравцова К.В., Подрезова Н.А. 234

ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРЕННИХ ВОЛН БОЛЬШОЙ АМПЛИТУДЫ В ПРОЛИВЕ КАРСКИЕ ВОРОТА В АВГУСТЕ 2021 Г.
Копышов И.О., Козлов И.Е., Жук В.Р., Артамонова А.В., Сильвестрова К.П., Мехова О.С., Корженовская А.И., Фрей Д.И., Джамалова А.Г., Гайский П.В., Осадчиев А.А., Степанова Н.Б. 238

ВЛИЯНИЕ ТАЯНИЯ МОРСКОГО ЛЬДА НА ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ОПРЕСНЕНИЯ В КАРСКОМ МОРЕ
Кускова Е.Г., Осадчиев А.А., Фрей Д.И., Степанова Н.Б. 242

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЩЕЛОЧНОСТИ И КРЕМНИЯ КАК МАРКЕРОВ МАТЕРИКОВОГО СТОКА НА ОБСКО-ЕНИСЕЙСКОМ ВЗМОРЬЕ
Казакова У.А., Костылева А.В., Полухин А.А., Осадчиев А.А., Степанова Н.Б. 247

ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЯРКОСТИ МОРСКОЙ ВОДЫ В КАРСКОМ МОРЕ В АВГУСТЕ 2021 г.
Дерягин Д.Н., Павлова М.А., Корчемкина Е.Н., Осадчиев А.А., Степанова Н.Б. 251

ПЕРЕМЕШИВАНИЕ ВОД В ОБСКОЙ ГУБЕ В АВГУСТЕ 2019 ГОДА ПО ДАННЫМ ПОДРОБНОЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ
Демешко Д.М., Протопопова М.Д., Осадчиев А.А., Коновалова О.П., Степанова Н.Б. 255

СРАВНЕНИЕ НАТУРНЫХ И СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ КОЭФФИЦИЕНТА СПЕКТРАЛЬНОЙ ЯРКОСТИ В КАРСКОМ МОРЕ В АВГУСТЕ 2021 Г.
Павлова М.А., Корчёмкина Е.Н., Дерягин Д.Н., Осадчиев А.А., Степанова Н.Б. 259

ВАЛИДАЦИЯ СПУТНИКОВЫХ ПРОДУКТОВ ТПО И АЛЬТИМЕТРИИ ПО ДАННЫМ НАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В КАРСКОМ МОРЕ
Остроумова С.А., Фрей Д.И., Степанова Н.Б., Осадчиев А.А. 263

ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА-А В РАЙОНАХ КАРСКОГО МОРЯ В ПЕРИОД ТАЯНИЯ ЛЬДА
Геттих Н.П, Евенкова Т.Д, Костылева А.В., Казакова У.А., Осадчиев А.А., Степанова Н.Б. 267

МОРСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА БАЗЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ
Онищенко Н.А., Самборский Т.В., Калинин М.А., Швед В.А. 271

АППРОКСИМАЦИЯ ПОТОКА ПРИХОДЯЩЕЙ КОРОТКОВОЛНОВОЙ РАДИАЦИИ ПО ОПТИЧЕСКИМ ШИРОКОУГОЛЬНЫМ СНИМКАМ НЕБОСВОДА
Кошкина В.С., Криницкий М.А., Аникин Н.Н., Борисов М.А., Осадчиев А.А., Степанова Н.Б. 275

ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ В НАБЛЮДЕНИЯХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЛАЧНОСТИ В АРКТИКЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕДИЦИИ АИ-58
Борисов М.А., Криницкий М.А., Осадчиев А.А., Степанова Н.Б. 279

АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ КАРСКОГО МОРЯ НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЙ ИК-РАДИОМЕТРА С БОРТА СУДНА
Марчук Е.А., Репина И.А., Козлов И.Е., Осадчиев А.А., Степанова Н.Б. 283

Гидрология. Устные доклады

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ГИДРОЛОГИИ И ОБРАЗОВАНИЯ, РАССМОТРЕННЫЕ В РАМКАХ КОНФЕРЕНЦИИ MARESEDU ЗА ДЕСЯТИЛЕТНИЙ ПЕРИОД
Демиденко Н.А. 288

ВЛИЯНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ НА 1.5 И 2 ГРАДУСА НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЕСТЕСТВЕННОГО СТОКА ВОЛГИ В КАСПИЙСКОЕ МОРЕ
Калугин А.С. 290

ВЛИЯНИЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА СТОК РЕКИ ЛЕНЫ
Калугин А.С. 293

ТИПИЗАЦИЯ СОВРЕМЕННОГО ВОДНОГО РЕЖИМА РЕК ЕТР НА ОСНОВЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ
Горбаренко А.В., Самсонов Т.Е., Киреева М.Б. 296

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОЙ ОПАСНОСТИ НАВОДНЕНИЙ НА РЕКАХ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА РОССИИ
Мироненко А.А., Рец Е.П., Фролова Н.Л.. 300

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДИКИ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА НАРАСТАНИЯ ТОЛЩИНЫ ЛЬДА ДЛЯ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ
Наурозбаева Ж.К. 303

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ НАБЛЮДАТЕЛЬНОЙ СЕТИ НА РЕКАХ, ВПАДАЮЩИХ В МОРЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА
Костык В.А., Вихренко С.В., Кролевецкая Ю.В. 307

ВОДНЫЙ И ЛЕДОВЫЙ РЕЖИМЫ РЕКИ ПУР В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ
Саноцкая Н.А. 311

ПОЛЕВЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ ПЕЧОРЫ В АВГУСТЕ 2020 г.
Попрядухин А.А., Алабян А.М., Василенко А.Н., Демиденко Н.А., Крыленко И.Н., Панченко Е.Д., Севастьянова Л.Ю.. 317

ДВУМЕРНАЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ РЕКИ ПЕЧОРЫ
Крыленко И.Н., Алабян А.М., Василенко А.Н., Демиденко Н.А., Панченко Е.Д., Попрядухин А.А.. 321

ПРИЛИВНЫЕ УСТЬЯ РЕК И ФОРМУЛА ЛАГРАНЖА
Панченко Е.Д.. 325

ДИНАМИКА ВЗВЕШЕННОГО ВЕЩЕСТВА В МЕЗО- И МАКРОПРИЛИВНЫХ ЭСТУАРИЯХ МАЛЫХ РЕК БЕЛОГО МОРЯ
Демиденко Н.А., Панченко Е.Д., Попрядухин А.А.. 328

СТРУЙНЫЕ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ В ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНАХ КРЫМА
Иванова И.Н., Будников А.А., Малахова Т.В., Мурашова А.И., Агапова Д.А. 335

К ВОПРОСУ ВЫБОРА РЕК-АНАЛОГОВ В ФОРМУЛАХ РАСХОДА НАНОСОВ
Шмакова М.В. 339

РАЗВИТИЕ ОСЕННЕГО ТЕРМОБАРА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕРМИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЯХ АТМОСФЕРЫ
Блохина Н.С. 343

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ В КОНЦЕ НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА
Бадюкова Е.Н., Лобачева Д.М., Макшаев Р.Р. 347

ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ И КЛАССИФИКАЦИЯ РЕК ВЕРХНЕЙ И СРЕДНЕЙ ВОЛГИ
Айбулатов Д.Н., Жуков И.А. 351

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА РЕК ЮГО-ЗАПАДА КРЫМА
Гречушникова М. Г. 355

Гидрология. Стендовые доклады

ОСОБЕННОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СТОКА ГОРНЫХ РЕК (НА ПРИМЕРЕ ВОДОСБОРОВ ДАГЕСТАНА И АРМЕНИИ)
Гайдукова Е.В., Мякишева Н.В., Маргарян В.Г., Винокуров И.О., Решин Н.А. 359

Том II (III) / Volume II (III)

Оглавление / Contents

Программа конференции / Conference Programme

Тезисы / Abstracts

Морская биология. Устные доклады

НОВЫЕ ДАННЫЕ ОБ ЭНДОПАРАЗИТИЧЕСКОМ ПОСТЭМБРИОНАЛЬНОМ РАЗВИТИИ МОРСКОГО ПАУКА PHOXICHILIDIUM FEMORATUM (RATHKE, 1799)
Богомолова Е.В., Петрова М.А. 14

ПОСТЭМБРИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ КОНЕЧНОСТЕЙ У МОРСКОГО ПАУКА PHOXICHILIDIUM FEMORATUM (RATHKE, 1799)
Петрова М.А., Богомолова Е.В. 20

ЭКСКРЕТОРНАЯ СИСТЕМА МОРСКИХ ПАУКОВ СЕМЕЙСТВА NYMPHONIDAE
Алексеева Н.В. 24

LOXOSOMELLA CORONATA - КОЛОНИАЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВИТЕЛИ ОДИНОЧНЫХ ВНУТРИПОРОШИЦЕВЫХ
Борисанова А.О. 28

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ КОЛЬЧАТЫХ ЧЕРВЕЙ (ANNELIDA) АРКТИКИ
Борисова П.Б., Будаева Н.Е. 32

БЕЛОМОРСКИЕ ПОЛИХЕТЫ – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОБЪЕКТЫ ЭМБРИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И УЧЕБНЫХ ПРАКТИК
Козин В.В., Храмова Ю.В., Римская-Корсакова Н.Н. 35

КЛЕТОЧНЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ИЗВЕСТКОВОЙ ГУБКИ LEUCOSOLENIA VARIABILIS
Лавров А.И., Скоренцева К.В., Саидов Д.М., Большаков Ф.В., Мельников Н.П., Саидова А.А., Ересковский А.В. 37

ТРЕМАТОДЫ (DIGENEA) ВПЕРВЫЕ ОБНАРУЖЕНЫ В КИШЕЧНОДЫШАЩИХ ПОЛУХОРДОВЫХ
Лукиных А.И., Белолюбская К.И., Ежова О.В., Крупенко Д.Ю., Малахов В.В. 41

ЭКСПАНСИЯ ЩЁЛКАЮЩИХ КРЕВЕТОК В ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ ВОДЫ РОССИИ И АБХАЗИИ
Бибиков Н.Г. 45

ГЕНЕТИКА ПОПУЛЯЦИЙ PRIAPULUS CAUDATUS LAMARCK 1816 В АРКТИКЕ
Колбасова Г.Д., Шмидт-Реза А., Рикер Я., Бредихин Д.О., Сёмин В.Л., Морозов Т.Б., Неретина Т.В. 50

О ДИАГНОСТИКЕ ДВУХ ВИДОВ АРКТИЧЕСКИХ БЫЧКОВ ICELUS BICORNIS И I.SPATULA (COTTIFORMES: COTTIDAE)
Зорина А.А., Чернова Н.В. 55

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ СТАНДАРТИЗАЦИЯ ОЦЕНОК ЛОКАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ И БИОМАССЫ РАННЕЙ МОЛОДИ РЫБ НА ЕДИНУЮ ЕСТЕСТВЕННУЮ СМЕРТНОСТЬ
Лобырев Ф.С., Кузьмичева Т.А. 59

ФИЛОГЕОГРАФИЯ МИНТАЯ GADUS CHALCOGRAMMUS (GADIDAE) СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ПАЦИФИКИ И ПРИЛЕГАЮЩЕЙ АРКТИКИ ПО ДАННЫМ РАЗЛИЧНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ
Орлова С.Ю., Сергеев А.А., Курносов Д.С., Чикурова Е.А., Емельянова О.Р., Григоров И.В., Орлов А.М. 64

ПРОЛАКТИН АДАПТИРУЕТ ЦВЕТОВОЕ ЗРЕНИЕ У САМОК И САМЦОВ ТРЁХИГЛОЙ КОЛЮШКИ GASTEROSTEUS ACULEATUS L. ПРИ 72-ЧАСОВОЙ АДАПТАЦИИ К ПРЕСНОЙ ВОДЕ.
Павлова Н.С., Гизатулина А.Р., Неретина Т.В., Смирнова О.В. 69

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И СТРУКТУРА ЗООПЛАНКТОНА ЧАУНСКОЙ ГУБЫ (ВОСТОЧНО-СИБИРСКОЕ МОРЕ) И ИХ СВЯЗЬ С АБИОТИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ
Кособокова К.Н., Ершова Е.А., Юрикова Д.А., Чаркин А.Н. 75

ВЛИЯНИЕ ХЕМОКЛИНА НА ВЕРТИКАЛЬНУЮ НЕОДНОРОДНОСТЬ ЗООПЛАНКТОНА В ПРИБРЕЖНЫХ СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ВОДОЕМАХ, ОТДЕЛИВШИХСЯ ОТ БЕЛОГО МОРЯ
Краснова Е.Д., Воронов Д.А. 82

ПЕРВОЕ УПОМИНАНИЕ О МИКРОВОДОРОСЛИ HALOCHORELLA RUBESCENS NAMSU SBB-20, ПОЛУЧЕННОЙ С БЕЛОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ СОЛОВЕЦКОГО АРХИПЕЛАГА, ОБЛАДАЮЩЕЙ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПОТЕНЦИАЛОМ
Зайцева А.А., Зайцев П.А., Чеканов К.А., Лобакова Е.С. 87

ТОКСИЧНЫЕ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ТОКСИЧНЫЕ ВИДЫ ДИНОФЛАГЕЛЛЯТ БЕЛОГО МОРЯ
Резник Е.В., Георгиев А.А. 90

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОЗНИКШЕЙ ОСЕНЬЮ 2020 г. У БЕРЕГОВ КАМЧАТКИ НЕБЛАГОПРИЯТНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ НА ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП ГИДРОБИОНТОВ
Токранов А.М., Данилин Д.Д., Жигадлова Г.Г., Санамян К.Э., Санамян Н.П., Усатов И.А. 93

МНОГОЛЕТНЯЯ СУКЦЕССИЯ В СООБЩЕСТВЕ ОБРАСТАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ СУБСТРАТОВ В АФОТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ ОХОТСКОГО МОРЯ
Чава А.И., Мокиевский В.О. 97

РОСТ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ SERRIPES GROENLANDICUS (MOHR, 1786) В СЕВЕРНЫХ МОРЯХ: ВНУТРИВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ОТКЛИК НА КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ
Герасимова А.В., Филиппова Н.А., Саминская А.А., Максимович Н.В. 102

ФАУНА РАКООБРАЗНЫХ (CRUSTACEA, PERACARIDA) ЖЕЛОБОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ И ПРИЛЕЖАЩЕЙ АКВАТОРИИ
Зимина О.Л. 107

КАРТИРОВАНИЕ БЕЛОМОРСКИХ ЛУГОВ ЗОСТЕРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОПТЕРА (ГУБА ЧЕРНАЯ, КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ)
Любимов И.В., Колючкина Г.А., Симакова У.В. 111

ВОССТАНОВЛЕНИЕ БЕНТОСНОГО СООБЩЕСТВА ПОСЛЕ КРАТКОВРЕМЕННОЙ АНОКСИИ (ЗАМОРА) В АРКТИЧЕСКОЙ КОВШОВОЙ ГУБЕ (БЕЛОЕ МОРЕ, КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ, О. ВЕЛИКИЙ)
Логвиненко А.Д., Антоновская К.А., Гришина Д.Ю., Дадыкин И.А., Киселев А.Д., Кроленко В.И., Лихачева Г.В., Уразаева А.О., Краснова Е.Д., Цетлин А.Б. 115

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИЗМЕНЕНИЯ В БЕНТОСНЫХ СООБЩЕСТВАХ «КОЛЬСКОГО МЕРИДИАНА»
Манушин И.Е.. 119

ОСОБЕННОСТИ КОВШОВЫХ ВОДОЕМОВ НА ПРИМЕРЕ БЕЛОГО МОРЯ И ЕГО НЕКОТОРЫХ ГУБ
Наумов А.Д., Савченко О.Н. 123

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ДОННЫХ БИОГЕОЦЕНОЗОВ ГЕЛЕНДЖИКСКОЙ БУХТЫ ЧЕРНОГО МОРЯ
Колючкина Г.А., Часовников В.К., Семин В.Л., Басин А.Б., Загайнов А.В., Кондарь Д.В., Любимов И.В., Симакова У.В., Симаков М.И., Тимофеев В.А., Островский А.Г. 130

МЕЗОЗООПЛАНКТОН ЖЕЛОБА СВЯТОЙ АННЫ (КАРСКОЕ МОРЕ): ВИДОВОЙ СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ В АВГУСТЕ 2021 ГОДА
Осипова Д.Д., Липухин Э.В., Юрикова Д.А., Коновалова О.П., Кособокова К.Н., Осадчиев А.А., Степанова Н.Б. 134

МАКРОЗООПЛАНКТОН ЖЕЛОБА СВЯТОЙ АННЫ (КАРСКОЕ МОРЕ): ВИДОВОЙ СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ В АВГУСТЕ 2021 ГОДА
Липухин Э.В., Осипова Д.Д., Юрикова Д.А., Коновалова О.П., Кособокова К.Н., Осадчиев А.А., Степанова Н.Б. 139

СООБЩЕСТВА КОРРОЗИОННО-АКТИВНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ (ФИНСКИЙ ЗАЛИВ)
Брюханов А.Л., Власов Д.Ю., Царовцева И.М. 144

ВИДОВОЙ СОСТАВ МАКРОВОДОРОСЛЕЙ ВИСЛИНСКОГО ЗАЛИВА (ЮГО-ВОСТОЧНАЯ БАЛТИКА)
Зверева А.Ю., Володина А.А.. 148

МАКРОФИТОБЕНТОС МЕЛКОВОДНОЙ ЗОНЫ КАРКИНИТСКОГО ЗАЛИВА.
Панкеева Т.В., Миронова Н.В. 152

ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ГРИБОВ И МОРСКИХ ВОДОРОСЛЕЙ-МАКРОФИТОВ
Сморыго А.Е., Симакова У.В., Бубнова Е.Н.. 156

МНОГОЛЕТНИЕ ТЕНДЕНЦИИ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ ИХТИОПЛАНКТОНА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЕТРОВОЙ АКТИВНОСТИ В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ ЧЕРНОГО МОРЯ
Басова М.М., Крашенинникова С.Б. 160

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ И БИОМАССЫ СТУДЕНИСТОГО МАКРОЗООПЛАНКТОНА ЧЕРНОГО МОРЯ
Луппова Н.Е. 163

О СТРУКТУРЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКОМ КАЧЕСТВЕ МАКРОБЕНТОСА В КАРСКОМ И ЛАПТЕВЫХ МОРЯХ В НАЧАЛЕ 21-ГО ВЕКА (ПО МАТЕРИАЛАМ ЭКСПЕДИЦИЙ 2012-2014 ГГ.)
Лисицына К.Н., Филиппова Н.А., Никишина Д.В., Шунатова Н.Н., Кийко О.А., Герасимова А.В., Максимович Н.В. 167

ФОРМИРОВАНИЕ СООБЩЕСТВ ПАРАЗИТОВ СЕВЕРОАТЛАНТИЧЕСКИХ ОКУНЕЙ РОДА SEBASTES (SEBASTIDAE)
Бакай Ю.И. 171

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ИХТИОФАУНЫ БАРЕНЦЕВА И КАРСКОГО МОРЕЙ
Долгов А.В. 175

Морская биология. Стендовые доклады

ИЗУЧЕНИЕ ОКРАСКИ ТЕЛА У ТРЕХИГЛОЙ КОЛЮШКИ (GASTEROSTEUS ACULEATUS L.) БЕЛОГО МОРЯ
Надточий Е.В., Демчук А.С., Генельт-Яновский Е.А., Иванова Т.С., Иванов М.В., Лайус Д.Л. 179

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ДОМИКОВ УСОНОГИХ РАКОВ
Попов А.Л., Козинцев В.М., Мокиевский В.О., Осипенко Н.М., Чава А.И., Челюбеев Д.А., Шифрин Е.И. 185

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФАУНЫ И СООБЩЕСТВА НЕМАТОД СЕЗОННЫХ МОРСКИХ ЛЬДОВ В ПРОЛИВЕ ВЕЛИКАЯ САЛМА
Тимченко А.И., Портнова Д.А. 189

ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ ГЛУБОКОВОДНОГО КИШЕЧНОДЫШАЩЕГО (HEMICHORDATA, ENTEROPNEUSTA, TORQUARATORIDAE) ИЗ БЕРИНГОВА МОРЯ
Трухан М.А., Лукиных А.И., Ежова О.В., Крылова Е.М., Галкин С.В., Гебрук А.В., Малахов В.В. 195

ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О ДОННЫХ СООБЩЕСТВАХ ЗАЛИВА АБРОСИМОВА (НОВАЯ ЗЕМЛЯ, КАРСКОЕ МОРЕ)
Удалов А.А., Чикина М.В., Басин А.Б. 200

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ БАКТЕРИОХЛОРОФИЛЛА d И ФЛУОРЕСЦЕНТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗЕЛЁНЫХ СЕРНЫХ БАКТЕРИЙ ПО ГЛУБИНЕ В ОЗЕРЕ ТРЁХЦВЕТНОМ В МАРТЕ 2021 ГОДА
Филиппова О.А., Жильцова А.А., Краснова Е.Д., Воронов Д.А., Пацаева С.В. 204

СООБЩЕСТВА УГЛЕВОДОРОДОКИСЛЯЮЩИХ ГРИБОВ ЛИТОРАЛИ БЕЛОГО И БАРЕНЦЕВА МОРЕЙ
Фадеев А.Ю., Георгиева М.Л, 2, Козловский В.В., Симакова У.В., Шестаков А.И., Бубнова Е.Н.. 209

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ХЛОРОФИЛЛА «А» В ДОННЫХ ОСАДКАХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ
Симакова У.В., Мошаров С.А., Колючкина Г.А. 213

ИНВАЗИВНЫЙ ДВУСТВОРЧАТЫЙ МОЛЛЮСК Arcuatula senhousia В КЕРЧЕНСКОМ ПРОЛИВЕ: НОВЫЙ ЭТАП ИНВАЗИИ.
Симакова У.В., Ковалева М.А., Семин В.Л., Тимофеев В.А., Копий В.Г., Колючкина Г.А. 218

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ И КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА МАКРОБЕНТОСА ОБСКОЙ ГУБЫ В 2019 И 2021 ГГ.
Лепихина П.П, Кузнецов П.А., Лихачева Г.В., Белов Д.А., Коновалова О.П., Степанова Н.Б. 224

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАКРОЗООБЕНТОСА ЖЕЛОБА СВЯТОЙ АННЫ (КАРСКОЕ МОРЕ)
Лихачева Г.В., Лепихина П.П., Кузнецов П.А., Белов Д.А., Коновалова О.П., Степанова Н.Б. 228

ВЛИЯНИЕ РЕЧНОГО СТОКА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА В ЭСТУАРИЯХ ОБИ, ЕНИСЕЯ И ПЯСИНЫ В АВГУСТЕ 2021
Белов Д.А., Юрикова Д.А., Осипова Д.Д., Липухин Э. В., Коновалова О.П., Осадчиев А.А., Степанова Н.Б. 232

СООБЩЕСТВА МАКРОФИТОВ ПРИЛИВНО-ОТЛИВНОЙ ЗОНЫ У БЕРЕГОВ ОНЕЖСКОГО ПОЛУОСТРОВА (БЕЛОЕ МОРЕ)
Мосеев Д.С., Березина М.О., Махнович Н.М. 236

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ МЕТОДА ЭКСТРАКЦИИ ПИГМЕНТОВ ВОДНЫХ ФОТОТРОФОВ АЦЕТОН-ЭТАНОЛЬНОЙ СМЕСЬЮ В СРАВНЕНИИ С ЭКСТРАКЦИЕЙ АЦЕТОНОМ
Аминов Н.С., Анисина А.А., Коношенкова А.О., Майборода А.Д., Лабунская Е.А., Воронов Д.А., Краснова Е.Д.. 241

POLYKRIKOS KOFOIDII CHATTON (DINOPHYCEAE, GYMNODINIALES) В ФИТОПЛАНКТОНЕ БЕЛОГО МОРЯ
Георгиев А.А., Георгиева М.Л., Гололобова М.А. 245

НОВЫЕ ДАННЫЕ О БИОЛОГИЧЕСКОМ РАЗНООБРАЗИИ ГОЛОЖАБЕРНЫХ МОЛЛЮСКОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА
Екимова И.А., Михлина А.Л., Становова М,В., Антохина Т.И., Щепетов Д.М. 248

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ ПУРПУРНЫХ СЕРНЫХ БАКТЕРИЙ В МЕРОМИКТИЧЕСКИХ ВОДОЕМАХ ОКРЕСТНОСТЕЙ ББС МГУ ИМ. Н. П. ПЕРЦОВА
Котик А. А., Макеева А. А., Потапенко А. И., Лабунская Е. А., Воронов Д. А., Краснова Е. Д.. 251

НОВЫЕ ДАННЫЕ О МОРФОЛОГИИ РИНОФОРОВ NUDIBRANCHIA НА ПРИМЕРЕ ONCHIDORIS MURICATA (DORIDINA)
Лисова Е.Д., Ворцепнева Е.В. 256

ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ ЕВРОПЕЙСКОГО КЕРЧАКА (Myoxocephalus scorpius) В ЛЕТНИЙ И ЗИМНИЙ ПЕРИОДЫ В РАЙОНЕ КЕРЕТСКОГО АРХИПЕЛАГА БЕЛОГО МОРЯ
Мелентьев Д.А., Демчук А.С., Иванова Т.С., Иванов М.В., Зеленская А.Е., Лайус Д.Л. 260

PALAEMON MACRODACTILUS - ЧУЖЕРОДНЫЙ ВИД В АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ
Чистяков А.С., Тимофеев В.А., Чертопруд Е.С., Залота А.К., Симакова У.В., Спиридонов В.А. 264

ОЦЕНКА ЗАРАЖЕННОСТИ МИДИЙ ГУБЫ ЧЕРНОЙ БЕЛОГО МОРЯ ОДНОКЛЕТОЧНОЙ ЗЕЛЕНОЙ ВОДОРОСЛЬЮ
Колючкина Г.А., Любимов И.В., Симакова У.В. 268

ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ЗИМНЕГО РАЦИОНА КАЛАНА (ENHYDRA LUTRIS LUTRIS) НА О. БЕРИНГА
Артемьева В.А., Горин С.А. 273

АНАЛИЗ ПИГМЕНТНОГО СОСТАВА ФИТОПЛАНКТОНА СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ВОДОЕМОВ ОКРЕСТНОСТЕЙ ББС МГУ ИМ. Н. А. ПЕРЦОВА
Коношенкова А.О., Аминов Н.С., Анисина А.А., Майборода А.Д., Лабунская Е.А., Воронов Д.А., Краснова Е.Д.. 276

НЕКОТОРЫЕ ДЕТАЛИ СТРОЕНИЯ ГОНОДУКТА САМОК HAMINGIA ARCTICA (BONELLIDAE), ВЫЯВЛЕННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ МИКРОТОМОГРАФИИ
Кузнецов П.А., Белов Д.А., Лихачёва Г.В., Лепихина П.П., Коновалова О.П., Степанова Н.Б. 281

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВИДОВОГО СОСТАВА И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУБОКОВОДНЫХ КРАБОИДОВ (ANOMURA, DECAPODA) В ТИХООКЕАНСКОМ СЕКТОРЕ АНТАРКТИКИ В МАРТЕ 2019 Г. С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛОВУШЕЧНЫХ ПОРЯДКОВ
Кухарев Н.Н. 284

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПОПУЛЯЦИЮ КОСАТОК ORCINUS ORCA СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА
Корнилова Р.В. 289

СДВИГИ В ФЕНОЛОГИИ НЕРЕСТА МАССОВЫХ КОРОТКОЦИКЛИЧНЫХ ВИДОВ ЧЕРНОГО МОРЯ (SPRATTUS SPRATTUS И ENGRAULIS ENGRASICOLUS) НА ФОНЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ
Подрезова П.С., Климова Т.Н., Вдодович И.В. 293

ХАРАКТЕРИСТИКА КАННИБАЛИЗМА БЕЛОМОРСКОЙ ТРЕХИГЛОЙ КОЛЮШКИ (GASTEROSTEUS ACULEATUS L.) В ПЕРИОД НЕРЕСТА НА ПРИМЕРЕ ГУБЫ СЕЛЬДЯНОЙ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ
Подлевских А.Л., Демчук А.С., Иванов М.В., Иванова Т.С., Лайус Д.Л. 297

АНТРОПОГЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ КРИЗИСЫ МАЛАКОФАУНЫ КАСПИЙСКОГО МОРЯ
Янина Т.А. 301

CHAETOGNATHA: СТРОЕНИЕ, РАЗВИТИЕ, ПОЛОЖЕНИЕ В СИСТЕМЕ BILATERIA
Уразаева А.О., Темерева Е.Н. 304

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ЧИСЛЕННОСТЬ САЙКИ (BOREOGADUS SAIDA) В ВОСТОЧНОМ СЕКТОРЕ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ
Мазникова О.А., Емелин П.О., Байталюк А.А., Ведищева Е.В., Трофимова А.О., Орлов А.М. 308

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРАНСПОРТА ГИДРОПЛАЗМЫ У КОЛОНИАЛЬНОГО ГИДРОИДА DYNAMENA *PUMILA*
Дементьев В.С., Марфенин Н.Н. 313

РАЗЛОЖЕНИЕ ХИТИНА МИКРОБНЫМИ СООБЩЕСТВАМИ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ
Дукат А. М., Клягин С. Д., Кузнецова А. М., Данилова И. В. 317

ГИДРОЛИЗ АГАРА И АЛЬГИНАТА МАКРОВОДОРОСЛЕЙ МИКРОБНЫМИ СООБЩЕСТВАМИ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ
Кремнёва М. К., Петрова Н. Ф., Петрякова А. Д., Чернышева П. А., Бубнов И. А. 321

ВЫДЕЛЕНИЕ КСИЛАНОЛИТИЧЕСКИХ МИКРООРГАНИЗМОВ БЕЛОГО МОРЯ
Холдина А. М., Салова В. Д., Мельник А. Д., Заюлина К. С., Ельченинов А. Г., Кубланов И. В. 325

Том III (III) / Volume III (III)

Оглавление / Contents

Программа конференции / Conference Programme

Тезисы / Abstracts

Морская геология. Устные доклады

10 ЛЕТ СЕКЦИИ «МОРСКАЯ ГЕОЛОГИЯ» НА MARESEDU: РЕТРОСПЕКТИВА
Рыбалко А.Е., Ахманов Г.Г. 16

ОСОБЕННОСТИ СБРОСООБРАЗОВАНИЯ В ПРЕДЕЛАХ ТРАНСФОРМНОЙ ЗОНЫ ТЬЁРНЕС (ПО ДАННЫМ МОРФОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА)
Боголюбский В.А., Дубинин Е.П. 21

СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДЕФОРМАЦИИ, СВЯЗАННЫЕ С СЕРИЕЙ СИЛЬНЕЙШИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ЧИЛИЙСКОЙ ЗОНЫ СУБДУКЦИИ В НАЧАЛЕ XXI В.
Владимирова И.С, Габсатаров Ю.В., Лобковский Л.И. 26

ОПЕРАТИВНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ УЧАСТКА РАСПОЛОЖЕНИЯ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНА ДАШЛЫ В АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ АКВАТОРИИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ
Якимчук Н.А., Корчагин И.Н.. 30

ТРЕЩИНОВАТОСТЬ ГЕРАКЛЕЙСКОГО ПЛАТО (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ): СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И КОМПЛЕКСНЫЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
Косевич Н.И., Крылов О.В., Лубнина Н.В., Брянцева Г.В., Владов М.Л., Модин И.Н., Паленов А.Ю., Скобелев А.Д.. 34

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МОЗАМБИКСКОГО ХРЕБТА (ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ)
Толстова А.И., Дубинин Е.П., Грохольский А.Л. 38

ПОДНЯТИЯ АЙЛОС ОРКАДАС И МЕТЕОР: АНАЛИЗ СТРУКТУР ПО ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ
Рыжова Д.А., Коснырева М.В., Дубинин Е.П., Булычев А.А. 43

ПОДВОДНЫЕ ВУЛКАНЫ СЕВЕРО-ИТУРУПСКОЙ ГРУППЫ (КУРИЛЬСКАЯ ОСТРОВНАЯ ДУГА)
Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Долгаль А.С., Новикова П.Н., Петрова В.В., Пилипенко О.В., Рашидов В.А., Трусов А.А. 46

КРИОЛИТОЗОНА ВНЕШНЕГО ШЕЛЬФА ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ И ЕЕ СВЯЗЬ С ВУЛКАНОГЕННЫМИ ЯВЛЕНИЯМИ
Гаврилов А.В., Малахова В.В., Пижанкова Е.И., Попова А.А. 51

КРИОЛИТОЗОНА АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА И ПРИЛЕГАЮЩЕЙ СУШИ КАК СВИДЕТЕЛЬ ЧЕТВЕРТИЧНОЙ ИСТОРИИ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ
Шполянская Н.А.. 55

НОВЫЙ ВАРИАНТ КАРТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ В ПРЕДЕЛАХ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ
Рыбалко А.Е.1,2,4, Щербаков В.А., Захаров М.С., Иванова В.В., Карташев А.Ю.,Исаева О.И., Локтев, А.С., Беляев П.Ю., Токарев М.Ю., Терехина Я.Е., Миронюк С.Г.. 59

ЛИТОЛОГИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА КАК ОТРАЖЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЕГО РАЗВИТИЯ В ПОЗДНЕ-ПОСЛЕЛЕДНИКОВОЕ ВРЕМЯ
Рыбалко А.Е., Субетто Д.А., Страховенко В.Д., Беляев П.Ю., Белкина Н.А., Токарев М.Ю., Савельева Л.А., Федоров Г.Б., Корост С.В., Барымова А.А. 63

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ПИНГОПОДОБНЫХ ФОРМ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО МАТЕРИАЛАМ 38-ГО И 41-ГО РЕЙСОВ НИС «АКАДЕМИК НИКОЛАЙ СТРАХОВ»)
Кохан А. В., Денисова А.П., Мороз Е. А., Сухих Е.А., Зарайская Ю.А., Разумовский А.А 68

РЕЗУЛЬТАТЫ СУДОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ МЕТАНА НАД СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКОЙ И ПРИЛЕГАЮЩЕЙ АРКТИКОЙ ЛЕТОМ 2020 Г.
Новигатский А.Н., Беликов И.Б., Белоусов В.А., Скороход А.И., Клювиткин А.А. 72

МОДЕЛИРОВАНИЕ МИС2, МИС3 И МИС4 ЛЕДОВЫХ ПОТОКОВ ЕВРАЗИЙСКОГО ЛЕДНИКОВОГО ЩИТА В СЕКТОРЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ: ВРЕМЕННЫЕ РАЗЛИЧИЯ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ
Кашдан А.И., Шейнкман В.С., Парначев В.П.. 76

РЕЗУЛЬТАТЫ ГАЗО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДОННЫХ ОСАДКОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ И СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО МАТЕРИАЛАМ ЭКСПЕДИЦИЙ TTR-19 и TTR-20)
Видищева О.Н., Ахманов Г.Г., Соловьева М.А., Полудеткина Е.Н., Манько И.Э. 80

КРИОГЕННЫЕ ГИДРАТЫ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА ГЛЯЦИАЛЬНЫХ ПЕРИГЛЯЦИАЛЬНЫХ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОКРАИНАХ
Друщиц В.А. 84

ГАЗОВЫЕ ГИДРАТЫ В ЗОНАХ ГЛУБОКОВОДНЫХ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ НЕКОТОРЫЕ ОЦЕНКИ СКОРОСТИ ИХ ЭВОЛЮЦИИ
Жостков Р.А., Собисевич А.Л., Суетнова Е.И. 88

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗОНЫ СТАБИЛЬНОСТИ КРИОГЕННЫХ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ
Смирнов Ю.Ю., Щур А.А., Матвеева Т.В., Щур Н.А., Бочкарев А.В. 91

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ, ВОЗРАСТ И ПАЛЕОУСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ VII АЛЧАКСКОЙ ТЕРРАСЫ ЧЕРНОГО МОРЯ (ФИНАЛЬНЫЙ ЭОПЛЕЙСТОЦЕН)
Чепалыга А.Л., Садчикова Т.А., Знаменская Л.В. 96

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВОЗРАСТЕ ХВАЛЫНСКОГО ПРОЛИВА В ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВОЙ ИСТОРИИ МАНЫЧСКОЙ ДЕПРЕССИИ
Семиколенных Д.В., Курбанов Р.Н., Янина Т.А. 101

ЧЕТВЕРТИЧНЫЙ ПОКРОВ И СВЯЗАННЫЕ С НИМ ОПАСНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПЕЧОРСКОМ МОРЕ
Рыбалко А.Е., Репкина Т.Ю., Терехина Я.Е., Токарев М.Ю., Соловьева М.А.,Хлебникова О.А., Гончарова А.М., Горбачев С.В., Мамедов Т.Э. 105

ГЕНЕЗИС ЭМИССИИ ГАЗА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ
Кишанков А.В. 111

СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДНА ПРОЛИВА ВЕЛИКАЯ САЛМА (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ БЕЛОГО МОРЯ)
Рысакова М.А., Брянцева Г.В., Косевич Н.И. 113

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОЕКТ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА ДНА МИРОВОГО ОКЕАНА NIPPON FOUNDATION - GEBCO SEABED 2030
Зарайская Ю.А. 117

ГЛЯЦИАЛЬНЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВОМОРСКОГО ШЕЛЬФА КАК ИНДИКАТОРЫ ДВИЖЕНИЯ ЛЕДНИКА (ПО МАТЕРИАЛАМ РЕЙСОВ TTR-19 И TTR-20)
Соловьева М.А., Монтелли А.И., Ахманов Г.Г. 119

ПРИЗНАКИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ НА ДАННЫХ 2D/3D СТАНДАРТНОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ В УСЛОВИЯХ ПРЕДЕЛЬНОГО МЕЛКОВОДЬЯ ШЕЛЬФА ПЕЧОРСКОГО МОРЯ
Терехина Я.Е., Хлебникова О.А., Соловьева М.А., Токарев М.Ю., Гончарова А.М., Горбачев С.В., Гурвич Л.А., Мятчин О.М., Нурмухамедов Т.В. 122

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ПОСТ-ГЛЯЦИАЛЬНОГО ОСАДОЧНОГО РАЗРЕЗА В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО МАТЕРИАЛАМ TTR-20)
Пятилова А.М., Ахманов Г.Г., Соловьева М.А., Сергеев А.А. 127

УРОВНИ И ПРИРОДА УГЛЕВОДОРОДОВ В ВОДЕ И ОСАДКАХ РОССИЙСКОГО СЕКТОРА ЧЕРНОГО МОРЯ
Немировская И.А., Завьялов П.О., Храмцова А.В. 131

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МОРЕННЫХ ГРЯД В СЕВЕРНОЙ И СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ ПО ДАННЫМ РЕЙСОВ TTR-19 И TTR-20
Василевская Я.А., Соловьева М.А., Ахманов Г.Г., Монтелли А.И. 135

НОВЫЕ ЗАДАЧИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РУДНОЙ ПРОВИНЦИИ КЛАРИОН-КЛИППЕРТОН ТИХОГО ОКЕАНА
Захаров М. С., Ермакова Л. А., Кондратенко А. В. 137

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЙ ФЛЮИДОГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РАЗРЕЗЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ СУБАБИССАЛЬНОЙ РАВНИНЫ ЧЕРНОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ ВЫСОКОРАЗРЕШАЮЩЕЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ 2D
Миронюк С. Г., Росляков А. Г., Хлебникова О. А. 143

Морская геология. Стендовые доклады

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРООБРАЗУЮЩИХ ДЕФОРМАЦИЙ НА ХРЕБТЕ КНИПОВИЧ
Агранов Г.Д., Соколов С.Ю. 150

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ГАЛОГЕНИДОВ В ПОРОВЫХ ВОДАХ ДОННЫХ ОСАДКОВ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ШЕЛЬФА БАРЕНЦЕВА МОРЯ
Неуважаева М.Д., Казак Е.С., Ахманов Г.Г. 153

ИЗМЕНЕНИЕ НАПРАВЛЕННОСТИ МОРФОЛИТОГЕНЕЗА НА ШЕЛЬФЕ МОРЕЙ ВОСТОЧНОЙ АРКТИКИ
Пижанкова Е.И., Гаврилов А.В. 158

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ КОЛОНКИ AT19-22GC (ЖЁЛОБ ФРАНЦ-ВИКТОРИЯ, БАРЕНЦЕВО МОРЕ)
Попова А.А., Крылов А.А. 163

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ СОПРЯЖЕННЫХ КРАЕВЫХ ПЛАТО МОРРИС ДЖЕСУП И ЕРМАК
Агранов Г.Д., Дубинин Е.П., Грохольский А.Л. 167

ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ КАСПИЯ В РАННЕМ НЕОПЛЕЙСТОЦЕНЕ
Янина Т.А., Свиточ А.А. 170

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЮМИНЕСЦЕНТНО-БИТУМИНОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО МАТЕРИАЛАМ ЭКСПЕДИЦИИ TTR-20)
Кирсанова А.А., Видищева О.Н., Полудеткина Е.Н., Ахманов Г.Г., Томасенко С.В., Дралина Е.М., Богданов А.А. 174

СОРБИРОВАННЫЕ И ПОРОВЫЕ ГАЗЫ В ОСАДКАХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
Коренкова Е.С., Видищева О.Н., Ахманов Г.Г. 179

ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ БЕРЕГОВ ЗАЛИВА КАСАТКА (О. ИТУРУП, ЮЖНЫЕ КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА)
Кузнецов М.А. 182

СТРОЕНИЕ СЕЙШЕЛЬСКО-МАСКАРЕНСКОГО ПЛАТО И ПРИЛЕГАЮЩИХ ГЛУБОКОВОДНЫХ КОТЛОВИН НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ И ПЛОТНОСТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
Коснырева М.В., Рыжова Д.А., Дубинин Е.П., Булычев А.А. 187

ДОННЫЕ НАКОПЛЕНИЯ В ТРОГЕ ЭРАТО ПОДНЯТИЕ ДЕМЕД
Уголькова Е.А., Томасенко С.В., Ахманов Г.Г., Соловьева М.А. 190

ГЕОХИМИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ МАЛЫХ ОЗЕР ВОДОСБОРА ДВИНСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ
Шевченко В.П., Стародымова Д.П., Алиев Р.А., Кокрятская Н.М., Чупаков А.В. 192

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ И ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ПРИДОННОЙ ФЛЮИДОРАЗГРУЗКИ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
Богданов А.А, Соловьева М.А., Томасенко С.В., Дралина Е.М., Кирсанова А.А., Ахманов Г.Г. 196

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГАЗО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДОННЫХ ОСАДКОВ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО МАТЕРИАЛАМ ЭКСПЕДИЦИИ TTR-20)
Дралина Е.М., Ахманов Г.Г, Видищева О.Н., Соловьева М.А., Манько И.Э., Кирсанова А.А., Богданов А.А. 200

ТРОГ ЭРАТО ПОДНЯТИЯ ДЕМЕД БАРЕНЦЕВА МОРЯ: СВИДЕТЕЛЬСТВА ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ (ПО МАТЕРИАЛАМ TTR-20)
Королева А.О., Пятилова А.М., Соловьева М.А., Сергеев А.А., Ахманов Г.Г. 203

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛЬДА
Фролов Д.М., Ржаницын Г.А., Кошурников А.В., Гагарин В.Е. 207

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ РАБОТ В ШТОРМОВУЮ ПОГОДУ И ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ: ПО МАТЕРИАЛАМ РЕЙСА TTR-20 В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
Хритова Ю.А., Соловьева М.А., Ахманов Г.Г. 212

РЕКОНСТРУКЦИЯ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ГОЛОЦЕНА НА О. АНЗЕР В БЕЛОМ МОРЕ ПО ДАННЫМ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВОГО АНАЛИЗА ОЗЕРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
Левкова Д.Н., Сапелко Т.В., Леонтьев П.А., Субетто Д.А. 216

МЕТОД РАСЧЁТА ВЛАЖНОСТИ ДОННЫХ ОСАДКОВ ПО ДАННЫМ ПОРТАТИВНОГО РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗАТОРА OLYMPUS VANTA-C.
Ласкина Д.Н., Дорохова Е.В. 220

МАГНИТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МИНЕРАЛОВ НА МОРСКОМ ПЛЯЖЕ КУРШСКОЙ КОСЫ (БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ)
Дорохова Е.В., Садовская М.И., Гмыря Е.И. 225

ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ПЕСЧАНО-АЛЕВРИТОВЫХ ПРОСЛОЕВ В ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕН-ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕЙСА TTR-20)
Томасенко С.В., Косоруков В.Л., Ахманов Г.Г., Соловьева М.А. 229

БИОМАРКЕРНЫЙ АНАЛИЗ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДОННЫХ ОСАДКОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕДИЦИИ TTR-19)
Сигачева Л.Ю., Валиева Э.И., Видищева О.Н., Полудеткина Е.Н., Ахманов Г.Г. 231

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОВРЕМЕННЫХ ГЛОБАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ В ЗАДАЧАХ ПЛОТНОСТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ МИРОВОГО ОКЕАНА
Михайлов П.С., Грасс С.И., Коснырева М.В., Конешов В.Н., Железняк Л.К. 234

ОСОБЕННОСТИ ЭВОЛЮЦИИ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЗОНЫ СТАБИЛЬНОСТИ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ ПРИ ЭРРОЗИИ МОРСКОГО ДНА В СЕВЕРНЫХ ШИРОТАХ МИРОВОГО ОКЕАНА
Суетнова Е.И. 238

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА СУПЕР ЭВМ МОРСКИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ЗОНДИРОВАНИЙ С ДОННЫМИ СТАНЦИЯМИ И МОБИЛЬНЫХ ЗОНДИРОВАНИЙ С ДВИЖУЩИМСЯ ПРИЁМНИКОМ
Барашков И.С. 241

ОБ ОБНАРУЖЕНИИ БАЗАЛЬТОВЫХ ВУЛКАНОВ И ЗОН ВОДОРОДНОЙ ДЕГАЗАЦИИ В МОРСКИХ АКВАТОРИЯХ
Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. 244

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ РАЙОНА РАСПОЛОЖЕНИЯ НОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГАЗА В ТУРЕЦКОМ СЕКТОРЕ ЧЕРНОГО МОРЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ОБРАБОТКИ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ
Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. 248

АПРОБАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОЦЕНКИ ПОЛОЖЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЮСА В ЮЖНОМ ОКЕАНЕ
Тертышников А.В. 252

Морская геофизика. Устные доклады

ПРИМЕРЫ ОБРАБОТКИ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ С БУКСИРУЕМЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ НА ШЕЛЬФЕ
Токарев А.М., Понимаскин А.И., Хачатрян А.М. 256

ОБРАБОТКА ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЙ ДЛЯ КАРТИРОВАНИЯ ПОДВОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ
Макаров А.В., Фрих-Хар А.Ю. 260

АНАЛИЗ СОВОКУПНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ МОНИТОРИНГА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ, С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ РОБОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ
Гладышев М.Д., Тамков П.И. 265

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМЫМ НЕОБИТАЕМЫМ ПОДВОДНЫМ АППАРАТАМ (ТНПА) ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ, ИНСПЕКЦИОННЫХ РАБОТ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
Шматков А.А., Шматков А.Г. 272

ОЦЕНКА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ НА ШЕЛЬФЕ ОХОТСКОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ 3D СЕЙСМОРАЗВЕДКИ В ТРЕХ ЧАСТОТНЫХ ДИАПАЗОНАХ
Замотина З.С., Росляков А.Г., Пирогова А.С., Шилова М.А., Чегодаева А. Е., Токарев М.Ю., Рыбин Н.А. 275

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ ИНВЕРСИЯ МУЛЬТИЧАСТОТНЫХ ДАННЫХ 3D СЕЙСМОРАЗВЕДКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ АКУСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОРСКИХ ГРУНТОВ
Щуплов П.А., Пирогова А.С., Токарев М.Ю. 280

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЗОН ПОВЫШЕННЫХ РИСКОВ ПРИ БУРЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПСЕВДОДВУМЕРНЫХ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ
Пирогова А.С., Дубиня Н.В., Токарев М.Ю., Щуплов П.А., Делия С.В. 284

СОВМЕЩЁННОЕ ПОРОУПРУГОПЛАСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ВЕРХНИХ СЛОЕВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРИ БУРЕНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СКВАЖИН: ВОЗМОЖНОСТИ И ПРОБЛЕМЫ
Вершинин А.В., Дубиня Н.В. 288

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ УСТОЙЧИВОСТИ САМОПОДЪЕМНОЙ БУРОВОЙ УСТАНОВКИ
Васильев И.А., Дубиня Н.В., Начев В.А., Алексеев Д.А., Тихоцкий С.А. 293

Рациональное природопользование. Устные доклады

УЯЗВИМОСТЬ ОБЪЕКТОВ БЕРЕГОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ, ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К АКВАТОРИИ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ, К ПРИРОДНЫМ ОПАСНОСТЯМ
Бадина С.В. 298

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛАВАЮЩЕГО МОРСКОГО МУСОРА В АРКТИЧЕСКИХ МОРЯХ РОССИИ В ОКТЯБРЕ 2020 Г. В СВЯЗИ С ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ
Погожева М.П., Березина А.В., Жданов И.А., Осадчиев А.А., Ханке Г., Якушев Е.В. 303

О ВЛИЯНИИ РЫБОЛОВСТВА НА МОРСКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ
Клепиковский Р.Н. 307

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФОРЕЛЕВЫХ ХОЗЯЙСТВ НА ПРИБРЕЖНЫЕ АКВАТОРИИ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА
Лапенков А.Е., Гузева А.В., Зарипова К.М. 311

ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА-А В РАЙОНАХ КАРСКОГО МОРЯ В ПЕРИОД ТАЯНИЯ ЛЬДА
Геттих Н.П., Евенкова Т.Д, Костылева А.В., Казакова У.А., Осадчиев А.А., Степанова Н.Б. 314

ПРАВОВАЯ ОХРАНА МОРСКОЙ СРЕДЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В МЕСТАХ ОБИТАНИЯ МОРСКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ
Пономарев М.В. 318

АНАЛИЗ СОЦИО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА
Семеошенкова В.С. 324

ПОТОКИ РАССЕЯННОГО ОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ИЗ АТМОСФЕРЫ В СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ ВОДОСБОРНЫХ БАССЕЙНОВ БЕЛОГО И КАРСКОГО МОРЕЙ
Шевченко В.П., Стародымова Д.П., Булохов А.В., Воробьев С.Н., Котова Е.И., Крицков И.В., Лим А.Г., Лохов А.С., Новигатский А.Н., Яковлев А.Е., Покровский О.С. 328

ЭКОСИСТЕМЫ МАКРОФИТНЫХ ЗАРОСЛЕЙ НЕВСКОЙ ГУБЫ В УСЛОВИЯХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ
Жигульский В.А., Шуйский В.Ф., Чебыкина Е.Ю., Фёдоров В.А., Паничев В.В., Успенский А.А. 332

МЕЖДУНАРОДНАЯ СЪЕМКА МИКРОПЛАСТИКА В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ В 2021 ГОДУ: ПЕРВЫЙ ОПЫТ КРУПНОМАСШТАБНОЙ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ
Педченко А.П., Анциферов М.Ю., Губанищев М.А., Двинин М.Ю. 336

РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ШЕЛЬФОВОЙ ЧАСТИ ХАРАСАВЭЙСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (КАРСКОЕ МОРЕ) В 2018–2020 ГГ.
Скавинская Н.Ю., Барымова А.А. 341

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ БЕРЕГОВ ЗАПАДНЫХ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ РОССИИ К РАЗЛИВАМ НЕФТИ
Ермолов А.А., Илюшин Д.Г, Кизяков А.И., Михайлюкова П.Г., Исаченко А.И.. 346

ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ АРКТИЧЕСКИХ БЕРЕГОВ НА УЧАСТКАХ ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ
Ермолов А.А., Белова Н.Г., Новикова А.В. 349

Подводное культурное наследие. Устные доклады

ЗАТОПЛЕННЫЕ АНТИЧНЫЕ ПОСЕЛЕНИЯ НА КЕРЧЕНСКОМ И ТАМАНСКОМ ПОЛУОСТРОВАХ – ПРОБЛЕМА ФАНАГОРИЙСКОЙ РЕГРЕССИИ
Дикарёв В.А., Масленников А.А. 353

ОСНОВНЫЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ИЗУЧЕНИЯ МОРСКОГО КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ
Мозговой С.А. 358

К ВОПРОСУ О МЕЖДУНАРОДНО-ПРАВОВОМ РЕГУЛИРОВАНИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПОДВОДНЫМ КУЛЬТУРНЫМ НАСЛЕДИЕМ
Анисимов И.О. 363

КУРС ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ «УПРАВЛЕНИЕ МОРСКИМ И ПОДВОДНЫМ КУЛЬТУРНЫМ НАСЛЕДИЕМ»: ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ, СТРУКТУРА
Фазлуллин С.М. 370

ПОДВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ПЕРМСКОГО КРАЯ: ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ
Головчанский Г.П., Константинов А.А. 375

ИЗУЧЕНИЕ ЗАТОПЛЕННЫХ ПАЛЕОЛАНДШАФТОВ В СЕВЕРНОЙ АМЕРИКЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ
Борисова Г.А. 380

ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ПО МОРСКОЙ АРХЕОЛОГИИ В ЕВРОПЕЙСКИХ УНИВЕРСИТЕТАХ СЕТИ UNITWIN
Николаев И.Р. 387

ЛЕДОВОЕ ПОБОИЩЕ: ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОЙ ЭКСПЕДИЦИИ 2021 Г.
Степанов А.В. 391

ДЕРБЕНТ В СИСТЕМЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ КАСПИЙСКОГО БАССЕЙНА И ВОЛЖСКО-КАСПИЙСКОГО ПУТИ В СРЕДНЕВЕКОВЬЕ
Гусев С.В., Фазлулин С.М.. 396

НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИБРЕЖНОЙ ПОПЕРЕЧНОЙ СТЕНЫ ДЕРБЕНТА СЕРЕДИНЫ VI ВЕКА
Гаджиев М.С., Гаджиев Б.Х. 397

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КРЕЙСЕРА «ЧЕРВОНА УКРАИНА» В 2021 Г.
Вахонеев В.В. 402

«ОКСКАЯ БАРКА» —УНИКАЛЬНЫЙ ОБРАЗЕЦ РЕЧНОГО СУДОСТРОЕНИЯ В ВЕРХНЕМ ТЕЧЕНИИ ОКИ
Золотарёв О.А. 407

ПРОБЛЕМЫ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ СОХРАННОСТИ ПРЕДМЕТОВ ИЗ СТЕКЛА, СПОСОБЫ РЕКОНСТРУКЦИИ И МЕТОДЫ РЕСТАВРАЦИИ
Шаркова Е.Н. 410

ОПЫТ ВТОРИЧНОЙ КОНСЕРВАЦИИ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕДМЕТОВ С МЕСТА МОРСКОГО СРАЖЕНИЯ 18 ВЕКА НА ПРИМЕРЕ КОЛЛЕКЦИИ МУЗЕЯ-ЗАПОВЕДНИКА «ВЫБОРГСКИЙ ЗАМОК»
Смирнов А.С., Фазлуллин С.М., Крипак С.В. 414

МУЗЕЙНАЯ ЭКСПОЗИЦИЯ «КОРСАРЫ СРЕДИЗЕМНОГО МОРЯ»
Ткаченко Ю.Г., Хохлов С.А., Лыков А.Г., Бардашов М.Н., Садеков Р.Н., Горлов И.О. 420

К ВОПРОСУ О МУЗЕЕФИКАЦИИ КОРАБЛЕЙ (СУДОВ)
Мозговой С.А. 423

Подводное культурное наследие. Стендовые доклады

ПОДВОДНО-АРХЕОЛОГИЧЕСКИЙ ПАРК БАЙЯ КАК НОВАЯ ФОРМА УЧРЕЖДЕНИЯ МУЗЕЙНОГО ТИПА
Фазлуллин С.М., Тарасова К.А. 429

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ КОНСЕРВАЦИИ ВЛАЖНОЙ АРХЕОЛОГИЧЕСКОЙ ДРЕВЕСИНЫ
Фазлуллин С.М., Сушкова А.О. 433

ОБЪЕКТЫ ПОДВОДНОГО КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ В ТУРИЗМЕ НА ОСТРОВЕ КИПР
Атеш М.А. 437

Научно-популярные фильмы.

СЕКЦИЯ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫХ ФИЛЬМОВ НА КОНФЕРЕНЦИИ MARESEDU
Новигадский А.Н. 442